

PCT

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau



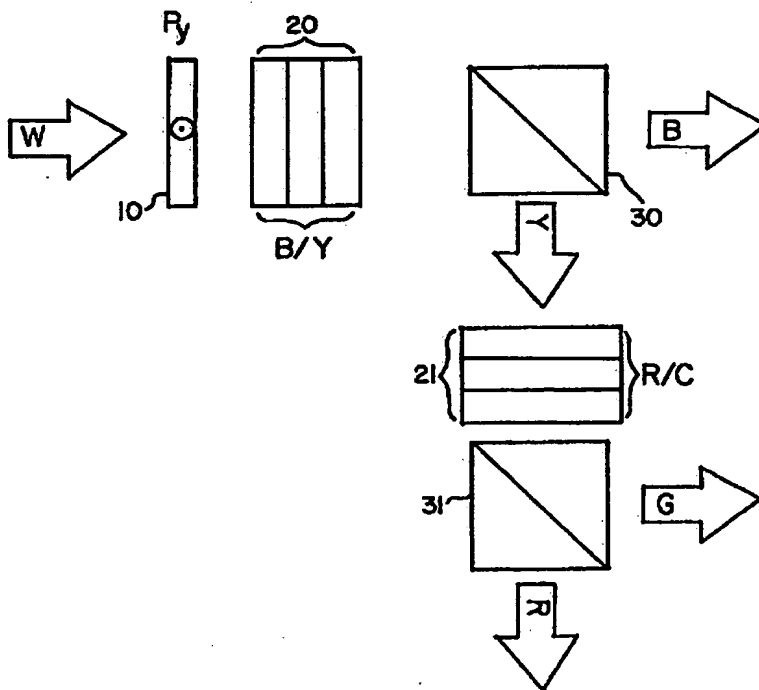
INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification 6 : <b>G02F 1/1335</b>	<b>A1</b>	(11) International Publication Number: <b>WO 96/37806</b> (43) International Publication Date: 28 November 1996 (28.11.96)
(21) International Application Number: PCT/US96/07527 (22) International Filing Date: 23 May 1996 (23.05.96) (30) Priority Data: 08/447,522 23 May 1995 (23.05.95) US (71) Applicant (for all designated States except US): THE BOARD OF REGENTS OF THE UNIVERSITY OF COLORADO [US/US]; 914 Broadway, Boulder, CO 80309 (US). (72) Inventor; and (75) Inventor/Applicant (for US only): SHARP, Gary, D. [US/US]; 5251 Olde Stage Road, Boulder, CO 80302 (US). (74) Agents: LANGFORD, Alison, A. et al.; Greenlee, Winner and Sullivan, P.C., Suite 201, 5370 Manhattan Circle, Boulder, CO 80303 (US).		(81) Designated States: AU, CA, CN, JP, KR, RU, SG, US, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Published</b> <i>With international search report. Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i>

(54) Title: COLOR POLARIZERS

(57) Abstract

This invention provides a complementary color polarizer using a single polarizing film (10) followed by a stack of two or more retarders (20 and 21). In a preferred embodiment, the color polarizers produce orthogonally polarized complementary primary colors. This invention further provides color filters (30 and 31) which utilize the color polarizers of this invention in combination with a polarization separator to separate orthogonally polarized colors.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-504441

(43) 公表日 平成11年(1999) 4月20日

(51) IntCl<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/1335

G 0 2 B 5/20

5/30

識別記号

5 0 5

1 0 1

F I

G 0 2 F 1/1335

G 0 2 B 5/20

5/30

5 0 5

1 0 1

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 97 頁)

(21) 出願番号 特願平8-535870

(86) (22) 出願日 平成8年(1996) 5月23日

(85) 翻訳文提出日 平成9年(1997) 11月25日

(86) 国際出願番号 PCT/US 96/07527

(87) 国際公開番号 WO 96/37806

(87) 国際公開日 平成8年(1996) 11月28日

(31) 優先権主張番号 08/447, 522

(32) 優先日 1995年5月23日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), AU, CA, CN, JP, KR, RU, SG, US

(71) 出願人 ザ ボード オブ リージェンツ オブ  
ザ ユニヴァーシティ オブ コロラド  
アメリカ合衆国 80301 コロラド州 ボ  
ールダー アイリス アヴェニュー 3101  
スイート 250(72) 発明者 シャープ, ゲイリー, ディー.  
アメリカ合衆国 80302 コロラド州 ボ  
ールダー オールド ステージ ロード  
5251

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外3名)

(54) 【発明の名称】 カラー偏光子

(57) 【要約】

本発明は、単一の偏光フィルム (10) と、これに続く2またはそれ以上のリターダのスタック (20および21) とを有する補色カラー偏光子を提供する。好適な実施例においては、カラー偏光子は、直交する方向に偏光した補色原色を生成する。本発明は、さらに、偏光セパレータと組み合わせて本発明のカラー偏光子を利用して直交する方向に偏光された原色に分解するカラーフィルタ (30および31) 提供する。

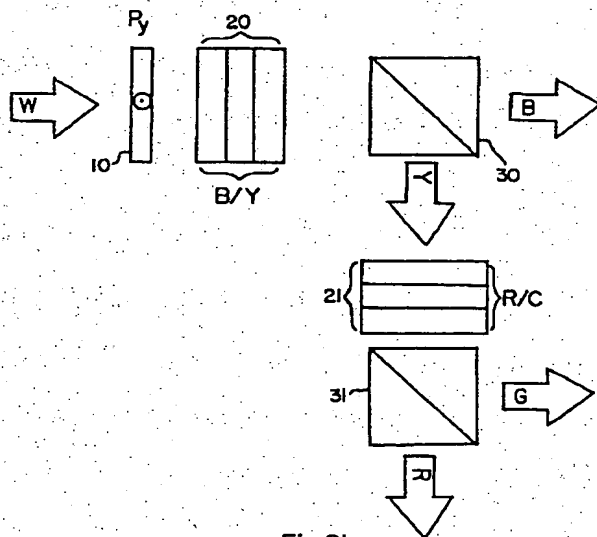


Fig. 21

## 【特許請求の範囲】

1. 補色カラー偏光子であって、

第1の直線偏光子と；

2つまたはそれ以上のリターダを有し、前記偏光子に対して連続して配置される第1のリターダスタックとを具備し、

前記リターダの数 $N$ 、前記リターダのリターダンスおよび配向が、第1の加法混合原色スペクトルが第1の偏光軸に沿って透過され、且つ補色の第1の減法混合原色スペクトルが第2の直交する偏光軸に沿って透過されるようになっていることを特徴とするカラー偏光子。

2. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記リターダの次数が、前記加法混合原色スペクトルが可視スペクトル領域に単一通過帯域を含むに十分に広いことを特徴とするカラー偏光子。

3. 請求項2に記載のカラー偏光子において、前記リターダの次数が、可視スペクトル領域で前記単一通過帯域を与える極小であるよう選択されることを特徴とするカラー偏光子。

4. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記リターダの数、前記リターダのリターダンスおよび配向が、前記第1の加法混合原色スペクトルが略方形波であるようになっていることを特徴とするカラー偏光子。

5. 請求項4に記載のカラー偏光子において、前記略方形波が、一つを超える通過帯域極大および一つを超える阻止帯域極小を含んでいることを特徴とするカラー偏光子。

6. 請求項5に記載のカラー偏光子において、前記略方形波の遷移帯域スロープが、70nmより小さいことを特徴とするカラー偏光子。

7. 請求項5に記載のカラー偏光子において、前記遷移帯域スロープが、50nmより小さいことを特徴とするカラー偏光子。

8. 請求項5に記載のカラー偏光子において、前記略方形波が、2つを超える通過帯域極大および2つを超える阻止帯域極小を含むことを特徴とするカラー偏光子。

9. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記リターダの数、前記リターダのリターダンスおよび配向が、ソルク (Solic) 設計に基づくことを特徴とするカラー偏光子。

10. 請求項9に記載のカラー偏光子において、前記リターダが半波長リターダであり、前記リターダの配向が、 $\alpha = \pi / 4 N$  の、 $+\alpha$  および  $-\alpha$  の間のサインで変換することを特徴とするカラー偏光子。

11. 請求項10に記載のカラー偏光子において、前記リターダが、多次数半波長リターダであることを特徴とするカラー偏光子。

12. 請求項9に記載のカラー偏光子において、前記リターダは全波長リターダであり、前記リターダの配向が、 $\alpha = \pi / 4 N$  で、 $\alpha$ 、 $3\alpha$ 、 $5\alpha$ 、 $\dots (2N-1)\alpha$  であることを特徴とするカラー偏光子。

13. 請求項12に記載のカラー偏光子において、前記リターダが、多次数全波長リターダであることを特徴とするカラー偏光子。

14. 請求項9に記載のカラー偏光子において、 $N$  が、2と4を含めてその間であることを特徴とするカラー偏光子。

15. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記リターダが、同一のリターダンスを有することを特徴とするカラー偏光子。

16. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記リターダの数、前記リターダのリターダンスおよび配向が、分割素子設計に基づくことを特徴とするカラー偏光子。

17. 請求項16に記載のカラー偏光子において、 $N=3$  であることを特徴とするカラー偏光子。

18. 請求項17に記載のカラー偏光子において、第1のリターダが、 $\pm \pi / 4$  の配向を有し、第2のリターダが、0または  $\pi / 2$  の配向を有し、および第3のリターダが、 $\pm \pi / 4$  の配向を有することを特徴とするカラー偏光子。

19. 請求項18に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、前記第3のリターダに対して直交して配向していることを特徴とするカラー偏光子。

20. 請求項19に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、 $\Gamma$

+ $\pi/2$ のリターダンス、前記第2のリターダが、 $\Gamma_2 + \pi$ のリターダンス、および前記第3のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンスを有し、 $\Gamma_1$ は、おおよそ $\Gamma_2$ に等しいことを特徴とするカラー偏光子。

21. 請求項19に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンス、前記第2のリターダが、 $\Gamma_2 + \pi$ のリターダンス、および前記第3のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンスを有し、 $0 < |\Gamma_1 - \Gamma_2| < \pi/4$ であることを特徴とするカラー偏光子。

22. 請求項18に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、前記第3のリターダに対して平行に配向していることを特徴とするカラー偏光子。

23. 請求項22に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンス、前記第2のリターダが、 $\Gamma_2$ のリターダンス、および前記第3のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンスを有し、 $\Gamma_1$ は、おおよそ $\Gamma_2$ と等しいことを特徴とするカラー偏光子。

24. 請求項22に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンス、前記第2のリターダが、 $\Gamma_2$ のリターダンス、前記第3のリターダが、 $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンスを有し、 $0 < |\Gamma_1 - \Gamma_2| < \pi/4$ であることを特徴とするカラー偏光子。

25. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記リターダの数、前記リターダのリターダンスおよび配向が、二重分割素子設計に基づくことを特徴とするカラー偏光子。

26. 請求項25に記載のカラー偏光子において、 $N = 5$ であることを特徴とするカラー偏光子。

27. 請求項26に記載のカラー偏光子において、第1のリターダが、 $\pm \pi/4$ の配向を有し、第2のリターダが、0または $\pi/2$ の配向を有し、第3のリターダが、 $\pm \pi/4$ の配向を有し、第4リターダが、0または $\pi/2$ の配向を有し、および第5のリターダが、 $\pm \pi/4$ の配向を有することを特徴とするカラー偏光子。

28. 請求項27に記載のカラー偏光子において、前記第1のリターダが、前記

第4のリターダに対して直交して配向し、前記第2のリターダが、前記第4のリターダに対して直交して配向していることを特徴とするカラー偏光子。

29. 請求項28に記載のカラー偏光子において、前記第1および第5のリターダが、それぞれ $\Gamma_1/2 + \pi/2$ のリターダンスを有し、前記2および前記第4の

リターダが、それぞれ $\Gamma_1 + \pi/2$ のリターダンスを有し、前記第3のリターダが、 $\Gamma_2 + \pi$ のリターダンスを有し、 $0 < |\Gamma_1 - \Gamma_2| < \pi/8$ であることを特徴とするカラー偏光子。

30. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記第1の加法混合原色スペクトルの極大での非偏光の光のスループットが、35%より大きいことを特徴とするカラー偏光子。

31. 請求項30に記載のカラー偏光子において、前記スループットが、40%より大きいことを特徴とするカラー偏光子。

32. 請求項1に記載のカラー偏光子を具備し、さらに前記カラー偏光子に連続して配置された阻止フィルタを具備することを特徴とするカラー偏光子。

33. 請求項32に記載のカラー偏光子において、前記阻止フィルタが、第2の加法混合原色スペクトルを阻止し、前記第2の加法混合原色スペクトルは、第3の加法混合原色スペクトルと組み合わせられて前記第1の減法混合の原色スペクトルを構成し、これにより、前記第1の加法混合原色スペクトルが、前記第1の偏光軸に沿って透過され、前記第3の加法混合原色スペクトルが、前記第2の偏光軸に沿って透過されることを特徴とするカラー偏光子。

34. 請求項1に記載のカラー偏光子において、前記第1の直線偏光子が、多色のカラー偏光子であることを特徴とするカラー偏光子。

35. 請求項1に記載のカラー偏光子を具備し、さらに、前記第1のリターダスタックの前記第1の直線偏光子とは反対側に配置される第1の偏光セパレータを具備することを特徴とするカラーフィルタ。

36. 請求項35に記載のカラーフィルタにおいて、前記第1の偏光セパレータが、前記第1の偏光軸に沿って偏光し且つ前記第1の加法混合スペクトルを有す

る第 1 のビームを、前記第 2 の偏光軸に沿って偏光し且つ前記第 1 の減法混合原色スペクトルを有する第 2 のビームから分離する、偏光ビームスプリッタであることを特徴とするカラーフィルタ。

37. 請求項 36 に記載のカラーフィルタにおいて、さらに、前記第 2 のビームを受けるために配置された第 2 のリターダスタックを具備し、前記第 2 のリターダスタックが、2 つまたはそれ以上のリターダを有し、前記リターダの数、前記リターダのリターダンスおよび配向が、第 2 の加法混合原色スペクトルを第 1 の偏光軸に沿って透過され且つ第 3 の加法混合原色スペクトルが第 2 の直交する偏光軸に沿って透過されるようになっており、前記第 3 の加法混合原色スペクトルと組み合わせた前記第 2 の加法混合原色スペクトルが前記第 1 の減法混合原色スペクトルを有することを特徴とするカラーフィルタ。

38. 請求項 37 に記載のカラーフィルタにおいて、さらに、前記第 2 のリターダスタックの前記第 1 の偏光セパレータから反対側に配置された第 2 の偏光セパレータを具備することを特徴とするカラーフィルタ。

39. 請求項 38 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 2 の偏光セパレータが、偏光ビームスプリッタであることを特徴とするカラーフィルタ。

40. 請求項 37 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 1 の偏光セパレータが、前記第 1 の偏光軸に沿って変更され且つ前記第 1 の加法混合原色スペクトルを有する光の透過と、前記第 2 の偏光軸に沿って偏光され且つ前記第 1 の減法混合の原色スペクトルを有する光の透過との間のスイッチングを行うスイッチャブル偏光子であることを特徴とするカラーフィルタ。

41. 請求項 40 に記載のカラーフィルタにおいて、前記スイッチャブル偏光子が、0 または  $\pi/2$  で配向した第 2 の直線偏光子と、前記第 1 のリターダスタック

および前記第 2 の直線偏光子の間に配置された第 1 の偏光スイッチとを具備することを特徴とするカラーフィルタ。

42. 請求項 41 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 2 の直線偏光子が、多色カラー偏光子であることを特徴とするカラーフィルタ。

43. 請求項 42 に記載のカラーフィルタにおいて、前記多色カラー偏光子が、



前記第 1 の加法混合原色スペクトルおよび第 2 の加法混合スペクトルの光を偏光するが、第 3 の加法混合原色スペクトルの光は偏光せず、前記第 3 の加法混合原色スペクトルと組み合わせた前記 2 の加法混合原色スペクトルが、前記第 1 の減法混合原色スペクトルを有することを特徴とするカラーフィルタ。

4 4. 請求項 4 1 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 1 の偏光スイッチが、ネマティック液晶セルを有することを特徴とするカラーフィルタ。

4 5. 請求項 4 4 に記載のカラーフィルタにおいて、前記ネマティック液晶セルが、均質のネマティックセル、 $\pi$ セル、ツイストネマティックセル、およびスーパーツイストネマティックセルからなる群から選択されることを特徴とするカラーフィルタ。

4 6. 請求項 4 4 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 1 の偏光スイッチが、2 つのネマティック液晶セルを有することを特徴とするカラーフィルタ。

4 7. 請求項 4 1 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 1 の偏光スイッチが、スメクティック液晶セルを有することを特徴とするカラーフィルタ。

4 8. 請求項 4 7 に記載のカラーフィルタにおいて、前記スメクティック液晶セルが、均一に整列した  $S m C^*$ 、均一に整列した  $S m A^*$ 、表面安定化強誘電体、歪らせん強誘電体、非強誘電体およびアキラル強誘電体のスメクティック液

晶セルからなる群から選択されることを特徴とするカラーフィルタ。

4 9. 請求項 4 7 に記載のカラーフィルタにおいて、前記スメクティック液晶セルが、0 または  $\pi/2$  の第 1 の配向と  $\pm \pi/4$  の配向との間を切替可能な配向を有する、 $S m C^*$  半波長リターダであることを特徴とするカラーフィルタ。

5 0. 請求項 4 7 に記載のカラーフィルタにおいて、前記第 1 の偏光スイッチが、色消し複合半波長リターダを具備し、前記色消しリターダが、0 または  $\pi/2$  の第 1 の配向、および  $\pm \pi/4$  の配向との間を切替可能な複合配向を有することを特徴とするカラーフィルタ。

5 1. 請求項 5 0 に記載のカラーフィルタにおいて、前記色消しリターダが、 $\pi/12$  に配向した第 1 の受動半波長リターダ、 $\pi/12$  に配向した第 2 の受動半波長リターダ、および前記第 1 および第 2 の受動リターダの間に配置された液晶

半波長リターダを具備し、 $5\pi/12$  および  $8\pi/12$  の間で切替可能な配向を有することを特徴とするカラーフィルタ。

52. 請求項51に記載のカラーフィルタにおいて、前記液晶半波長リターダが、均一に配列したSmC\*半波長リターダであることを特徴とするカラーフィルタ。

53. 請求項41に記載のカラーフィルタにおいて、さらに、0または $\pi/2$ で配向し且つ前記第2の直線偏光子の前記第1のリターダスタックに対する反対側に配置された第3の直線偏光子と、2つまたはそれ以上のリターダを有し且つ前記第2および第3の直線偏光子の間に配置された第2のリターダスタックと、前記第2および第3の直線偏光子の間に配置された第2の偏光スイッチとを具備することを特徴とするカラーフィルタ。

54. 請求項53に記載のカラーフィルタにおいて、前記第2のリターダスタック

ク柱の前記リターダの数、当該リターダのリターダンスおよび配向が、前記カラーフィルタが赤、緑、青およびオフ状態の透過スペクトルの間で切替え可能であるようになっていることを特徴とするカラーフィルタ。

55. 請求項54に記載のカラーフィルタにおいて、前記第1および第2の偏光スイッチがそれぞれ、色消し複合半波長リターダを有し、前記色消しリターダが、0または $\pi/2$ の第1の配向と $\pm\pi/4$ の第2の配向との間を切替え可能な複合配向を有することを特徴とするカラーフィルタ。

56. 請求項55に記載のカラーフィルタにおいて、前記色消しリターダはそれぞれ、 $\pi/12$ に配向した第1の受動半波長リターダと、 $\pi/12$ に配向した第2の受動半波長リターダと、前記第1および第2のリターダの間に配置され且つ $5\pi/12$ および $8\pi/12$ の間を切替え可能な配向を有するを液晶半波長リターダとを具備することを特徴とするカラーフィルタ。

57. 請求項40に記載のカラーフィルタを具備し、さらに、前記カラーフィルタに連続するモノクロームディスプレイを有することを特徴とするカラーディスプレイ。

58. 請求項54に記載のカラーフィルタを具備し、さらに、前記カラーフィル

タに連続するモノクロームディスプレイを有することを特徴とするカラーディスプレイ。

59. 請求項58に記載のカラーディスプレイにおいて、前記モノクロームディスプレイが、電子放射ディスプレイであることを特徴とするカラーディスプレイ。

60. 請求項59に記載のカラーディスプレイにおいて、前記電子放射ディスプレイが、CRT、FEDおよびAMELディスプレイからなる群から選択されることを特徴とするカラーディスプレイ。

61. 請求項58に記載のカラーディスプレイにおいて、前記モノクロームディスプレイが、変調ディスプレイであることを特徴とするカラーディスプレイ。

62. 請求項61に記載のカラーディスプレイにおいて、前記変調ディスプレイが、液晶アナログまたはバイナリシャッタのマルチピクセルアレイを有することを特徴とするカラーディスプレイ。

63. 請求項58に記載のカラーディスプレイは、請求項54のカラーフィルタのマルチピクセルアレイを有することを特徴とするカラーディスプレイ。

64. 請求項61に記載のカラーディスプレイにおいて、前記変調ディスプレイが、デジタルミラーデバイスのマルチピクセルアレイを有することを特徴とするカラーディスプレイ。

65. 請求項58に記載のカラーディスプレイが、さらに、前記カラーフィルタのフィールドシークエンシャルスイッチングを行う電子スイッチング手段を有することを特徴とするカラーディスプレイ。

66. 請求項54に記載のカラーフィルタを具備し、さらに、前記カラーフィルタに連続するレシーバを有することを特徴とするデジタルカメラ。

67. 請求項66に記載のデジタルカメラにおいて、さらに、前記カラーフィルタのフィールドシークエンシャルスイッチングのための電子スイッチング手段を有することを特徴とするデジタルカメラ。

68. 請求項66に記載のデジタルカメラにおいて、前記レシーバが、多重素子検出器であることを特徴とするデジタルカメラ。

69. 第3の加法混合原色の多色カラー偏光子と；

2つまたはそれ以上のリターダを有し且つ前記偏光子に連続して配置される第1のリターダスタックとを具備し、

前記リターダの数N、前記リターダのリターダンスおよび配向は、前記第3の加法混合原色スペクトルと同様に第1の加法混合原色スペクトルが、第1の偏光軸に沿って透過され且つ前記第3減法混合原色スペクトルと同様に補色の第1の減法混合原色スペクトルが第2の直交する偏光軸に沿って透過されるようになっていることを特徴とするカラー偏光子。

70. 以下のステップからなるプロセスで作製されたカラー偏光子であって、前記プロセスは、

前記カラー偏光子のため、所望の透過スペクトルプロファイルを特定するステップで、前記スペクトルが第1の偏光軸に沿った加法混合原色および第2の直交する軸に沿った補色の減法混合原色を有するステップと；

フーリエ級数により前記プロファイルを近似するステップと；

前記級数をアポダイズするステップと；

アポダイズ級数を提供するリターダスタックを決定するためネットワーク合成を使用するステップと；

直線偏光子および前記リターダスタックを連続して結合することにより前記カラー偏光子を組み立てるステップと；

を具備することを特徴とするカラー偏光子。

71. 請求項70に記載のカラー偏光子において、前記所望のプロファイルが、方形波であることを特徴とするカラー偏光子。

72. 請求項70に記載のカラー偏光子において、前記アポダイズのステップが、テーパウィンドウ関数による前記フーリエ級数を積算するステップを有することを特徴とするカラー偏光子。

## 【発明の詳細な説明】

## カラー偏光子

## 発明の分野

本発明は、積層リターデーションフィルム(stack of retardation films)と組み合わせた偏光子からなるカラー偏光子、およびそれらの液晶スイッチャブルカラーフィルタおよび高彩度且つ高スループットのカラーディスプレイへの使用に関する。

## 発明の背景

## スイッチ偏光フィルタ

液晶カラースイッチングフィルタは、基本的に 2 種類に分類される。すなわち、偏光干渉フィルタ(polarization interference filters: P I F s)およびスイッチ偏光フィルタ(switched-polarizer-filters: S P F s)である。S P F の基本的な構成単位は、カラー偏光子および二状態中性偏光スイッチからなるステージである。このクラスは、本質的にバイナリチューナブル(binary tunable)であり、その結果、各フィルタステージは二色間でのスイッチングが許容される。ステージは、付加的出力色を供給するために多段になっている(cascaded)。S P F s に使用されるカラー偏光子は、中性直線偏光子上の単一リターデーションフィルム(single retardation films)と、多色カラー偏光フィルタとを具備する。偏光スイッチは、静的検光子(static polarization analyzer)より先行している液晶(LC)偏光スイッチとすることができる。スイッチは、最適には、中性偏光スイッチングを具備する。能動素子(active element)の色性(chromatic nature)は、性能を低下するので、理想的には S P F 内に隠される。

単一のリターダ(retarder)に後続された中性偏光子からなるカラー偏光子に基づいたシャッタ類は、当業界でよく報告されている(例えば、ヒルサム(Hilsum)への米国特許第4,003,081号、シェフアー(Scheffer)への米国特許第4,091,808号、およびシャンクス(Shanks)への米国特許第4,232,948号)。偏光子/リターダ(波長板)構造は、偏光子を90°回転することにより二色の異なる色相を得ることができるという認識による補色カラー偏光子として開示されている以上

は、この種のカラー偏光子のSPFへの使用は、純色をもたらすことにはならない。

多色カラー偏光子に基づいたシャッタ類もまた、よく報告されている（例えば、ボス(Bos)への米国特許第4,582,396号、プラマー(Plummer)への米国特許第4,416,514号、ヴァトン(Vatne)への米国特許第4,758,818号、およびハンドシー(Handschy)への米国特許第5,347,378号)。多色カラー偏光子は、特定の波長バンドでの直線偏光子として機能するフィルムである。これらは、長鎖の多色色素(pleochroic dyes)を有するポリマを添加することにより形成される。一軸に沿って偏光した入射白色光は完全に透過させるが、直交軸に沿って入射すると選択的に吸収する。例えば、シアンカラー偏光子は、一軸に沿って赤を吸収することにより直線偏光子として機能する。各軸に沿って原色（加法混色または減法混色の何れでも透過するカラー偏光子は、交差した軸を有する二つのフィルムからなる複合体として形成することができる。色は、典型的には、スイッチャブル偏光子に結合した対向する補色（例えば、赤／シアン）偏光子を用いることにより選択される。フルカラー装置は、五枚の偏光フィルム（一枚は中性）、および二つのスイッチ手段から構成することができる。得られた構造は、全体に亘らない不完全なピーク透過性を示す。

#### 偏光干渉フィルタ

最も単純なPIFsは、単光軸材料が直交方向に偏光した電界素子(field component)との間に位相ずれ（移相）を引き起こす、二ビーム干渉計(interferometer)である。色は、これらの構成部品を検光子で干渉することによ

り得られる。カラースイッチは、アーム間の位相ずれを変化することにより実現することができる。最も基本的なカラースイッチは、中性偏光子間に単一可変リターディング手段(single variable retarding means)を具備する。単一状態装置も、可変複屈折装置と共に受動的バイアスリターダに組み込むことができる。しかしながら、これらの単一状態PIFsは、原色を提供することができない。

PIFsは、しばしば、ライオット(Lyot)構造の多段フィルタユニット(cascaded filter units)を具備し、それぞれがフィルタ作用を果たして改善された選

択性を実現する。検光子が各相のリターダ間に必要であり、透過性を低下する。適切な彩度 (color saturation) が得られるが、多段の複屈折フィルタは、定義上必然的に、カラー偏光子として機能することはできない。これは極めて単純である。というのは、カラー偏光子は、内部の偏光子が許容しない直交する偏光の両方を透過しなければならないからである。

チューニングは、通過帯域をシフトするためにリターダンス（位相遅れ：retardance）間の特定の関係を保持したまま、各状態の能動素子のリターダンスを変えることにより実現できる。PIFs は、通過スペクトルをシフトするための可変リターダとしてLC素子を用いる。SPFとは異なり、能動素子の色度のみが条件に合わないだけだから、設計の必須の側面となる。PIF 設計において、検光子は静的構成要素で、チューニングはフィルタ素子のリターダンスを変化することにより実現する。多段能動状態が用いられる場合、リターダンスは、典型的には、基本的な設計を維持したまま、通過帯域をシフトするために、調和して変化される。可変複屈折PIFs は調整でき、全ての波長でピーク透過性を提供することができる。これとは反対に、SPFs は、調整可能なカラーを提供しない。

ソルク (Solc) フィルタ (Solc (1965), J. Opt. Soc. Am. 55:621) は、内部偏光子を完全に除去して、多段の同一相リターダを用いた高フィネススペクトルを備える。ソルク (Solc) フィルタは、より広帯域クラスのフィルタの特定の例である。この概念において、ハリスら (Harris et al.) (Harris et al. (1964), J. Opt. Soc. Am. 54:1267) は、いかなる有限インパルス応答 (finite impulse response: FIR) フィルタの透過関数も、基本的には、正確に配向された理想的な

リターデーションプレートの積層を用いて生み出すことができることを示した。多数の研究員は、FIR フィルタ設計を生成するために、標準的な信号処理法に加えてネットワーク合成技術を用いた。これらの設計は、広い通過帯域に対して高解像度に焦点を合わせたものであった。調整可能という場合は、全てのリターダンスが調和して変化することが必要である。

本発明のカラー偏光子は、偏光干渉フィルタ技術の設計原理を多少使用しているが、スイッチ偏光フィルタ構造に用いるための構成部品である。従来技術のP

I F 装置は、基本的な設計を維持しながら、フィルタの設計波長を効果的にシフトするために完全に能動的なリターダスタックが必要である。これに対し、本発明のカラー偏光子は、受動リターダスタックを用い、逆に検光子の効果的な回転を用いることにより、S P F のように、特定の固定のスペクトルプロファイルを発生させる。

#### 発明の要約

本発明は、単一の中性偏光フィルムと、それに続く2またはそれ以上のレターデーションフィルムのスタックとを具備する。この技術を、「偏光子・リターダ・スタック」(P R S) と称する。リターダスタック中に一より多いリターダの使用は、フィルタインパルス応答のスパンが増大し、リターダ配向はパルス (impulse) の振幅を調整するために選択される。好適な実施例において、本発明のカラー偏光子は、直角に偏光した補色原色 (赤/シアン、緑/マゼンダ、または青/黄色) を生成する。本発明のカラー偏光子は、ブロッキングフィルタと組み合わせ、二つの直角に偏光した加法混合原色を生成する。同様に、多色性カラー偏光子が P R S の後に続く場合には、二つの直角に偏光した加法混合原色を生成することができる。この代わりの構造では、中性偏光子の代わりの多色性カラー偏光子を用いることができ、カラー偏光子は、非偏光加法混合原色と結合した二つの直角に偏光した加法混合原色を生成し、二つの減法加法原色の出現を与える。本発明のカラーフィルタは、白黒のディスプレイとの組み合わせでカラーディスプレイを提供する。本発明のカラーフィルタは、カメラまたは電子受信ア

レイとの組み合わせで、カラーカメラ、デジタルフォトグラフィおよび電子多スペクトル画像を提供する。

本発明は、さらに、カラーフィルタを具備する。カラーフィルタは、本発明のカラー偏光子を偏光セパレータと共同して利用し、直交に偏光したカラーを分離する。偏光セパレータは、偏光ビームスプリッタなどの受動 (パッシブ) でもよく、スイッチャブル偏光子などの能動 (アクティブ) でもよい。偏光スイッチは、ネマチックまたはスメスチック液晶を用いることができる。固定偏光子は、多色性カラー偏光子とすることができ、一つの加法混合原色は、非偏光で透過され



る。本発明の二つのカラーフィルタは、多段として(cascaded)、オフ状態の三つのカラー(RGB)フィルタを具備することができる。

また、本発明の目的は、飽和加法混合原色を提供することにある、これは、一般的には、従来技術の単一リターダカラー偏光子を用いて生成される。飽和色という語句は、人間の目に単一色を表す色をいう。飽和色偏光子の設計は、ネットワーク合成技術を用いて実行することができる。この技術は、インパルス応答を介して所定のスペクトルから逆に働いて、適切なリターダスタック設計を計算する。各構成部品の数、配向、リターダンスの適切な選択により、カラー偏光子設計が特定され、それは、一軸に沿って一つの加法混合原色帯域の実質的に全てを透過し、直交する軸に沿って補色減法混合原色帯域の実質的に全てを透過する。減法混合原色帯域という語句は、加法混合原色帯域の逆をいう。

本発明のカラー偏光子設計は、多色性色素または単一リターデーションフィルムカラー偏光子では達成できない任意に狭い遷移帯域幅を提供する。さらに、有限インパルス応答(finite-impulse-response: FIR)フィルタ設計を用いて合成された特別のプロファイルは、透過帯域波形(pass-band ripple)を制御できる透過帯域の多重透過極大、および阻止帯域(stop-band)の多重ゼロを許容する。

さらに本発明の目的は、高光効率(light efficiency)を有する補色偏光子を提供することにある。これは、単一の高効率偏光フィルムおよびこれに続くほぼ損失のない高分子リターダフィルムのみを用いることにより実現される。従来技術の多色性色素補色カラー偏光子は、二枚の偏光フィルムを必要とする。本発明では、単にリターデーション調整によって、各原色帯域の中に光源発光(source emissions)と同時に、透過率極大を配置することができる。この代わりに、全ての原色帯域に及ぶ広範な透過帯域(bandpass)を透過する、全ての目的のPRS設計を生成することができる。

さらに、本発明の目的は、簡単に製造でき、容易に入手できる材料を用いて作製することができる高性能カラー偏光子構造を提供することにある。第1に、これは、スタックを構成するフィルムの数最低限にしつつ、飽和色を与える設計を用いることにより達成できる。第2に、本発明のカラー偏光子は、フラットパ

ネルディスプレイ産業のために製造された入手可能な安価で且つ高性能の材料を用いることができる。これは、高透明性(clarity)で、均一リターダンスで、大面積延伸高分子リターデーションフィルムを含む。これらのフィルムは、任意のリターダンス(2000nmまで)で、特定の光源に対して調整された設計をつくるのに必要な可撓性を与えるものを入手できる。容易な構成部品の集積を許容する低損失粘着性層を適用することができる。また、三次元延伸したフィルムも入手でき、これは、僅かな追加のコストでより広い視角を提供する。さらに、この技術は、可視(400~700)動作のための高効率、高コントラスト、大面積二色性偏光材料の入手可能性を利用する。

#### 図面の簡単な説明

図1は、補色原色のセパレータとして使用されたPRSの図である。

図2は、補色のコンバイナとして単一偏光の白色光を形成する、PRSの逆方位の使用を示す図である。

図3は、5つの同一厚さのポリカーボネートリターダを用いた方形プロフィール均一波形(equal-ripple)PRSの配置を示す図である。

図4は、図3の設計に基づいたB/Y PRSカラー偏光子によって生成された、計算された加法混合原色および減法混合原色を示す図である。リターダは、600nmで全波長のリターダンスを有するポリカーボネートである。

図5aは、図3の設計を用いた平行偏光子間のB/Yリターダスタックの測定透過を示す図である。リターダは標準接着剤層を用いて互いに結合したニットー

(Nitto)NRZポリカーボネートフィルムである。5つの600nmフィルムは、スタックのために使用された。スペクトルは、青原色の全域での約100:1での阻止を有する、減法混合原色の全体に亘っての98%の透過を示す。遷移帯域幅はかなり狭く、赤/シアンステージと組み合わせると高効率の緑色射出を許容する。

図5bは、緑および赤の強力な拒絶を有する、青全体の高い透過を示す直交偏光子間での、図5aのB/Yリターダスタックの測定透過を示す図である。

図6は、(a)表1および(b)表2の設計に基づいたR/C PRSカラー

偏光子によって生成された、計算された加法混合原色スペクトルを示す図である。

図7は、6つの643nmリターダを用いた表2の設計4のR/Cリターダスタックの測定透過を示す図である。

図8は、図8a～図8bを有し、表3～表8の設計で得られたパラメータを表す実施例スペクトルを示す図である。

図9は、表3の設計5のためのR/C PRSに対する、コンピュータモデル加法混合および減法混合スペクトルを示す図である。

図10は、表4の設計5のためのG/M PRSに対する、コンピュータモデル加法混合および減法混合スペクトルを示す図である。

図11は、表5の設計2のB/Y PRSに対する、コンピュータモデル加法混合および減法混合スペクトルを示す図である。

図12は、図12a～図12cを有し、(a) 2ステージ4フィネス(two-stage finesse-of-four)・ライオット(Lyot)フィルタの配置と、(b) 直交リターダ、および(c) 平行リターダ構成を含む、同等の分解素子フィルタの配置とを示す図である。

図13は、図13a～図13cを有し、(a) m次および2m次リターダを含む2ステージ・ライオット(Lyot)フィルタに対するサンプルスペクトルと、(b) 平行リターダ、および(c) 直交リターダを有する分解素子フィルタに対するサンプルスペクトルとを示し、ピーク/ゼロ波長でのリターダンスを示す図である。中央リターダはn次、分離素子リターダはm次になるように測定されている。

いる。

図14は、表6の設計4のためのR/C分解素子PRSに対するコンピュータモデル加法混合原色スペクトルを示す図である。

図15は、図15a～図15bを有し、表6の設計4の分解素子とポリカーボネートリターダとを用いたR/C PRSに対する、(a) 減法混合原色、および(b) 加法混合原色の測定スペクトルを示す図である。偏光子は、サンリツ(Sanritsu)LLC2-5518であり、リターダはニットー(Nitto)NRFポリカーボネートフィ

ルムである。スタックは標準品として供給された接着剤層を用いて組み立てられた。

図16は、表7の設計6のG/M分解素子のためのコンピュータモデル加法混合および減法混合スペクトルを示す図である。

図17は、表7の設計4の分解素子およびポリカーボネートリターダを用いたG/M PRSに対する、測定減法混合原色スペクトルを示す図である。

図18は、表8の設計4のためのB/Y分解素子PRSに対するコンピュータモデル加法混合および減法混合スペクトルを示す図である。

図19は、表8の設計9を用いたB/Y二重分解素子PRSに対するコンピュータモデル加法混合スペクトルを示す図である。

図20は、ポリカーボネートリターダを用いた表8の設計9に対する、測定した減法混合原色スペクトルを示す図である。偏光子はニットー(Nitto)G1225DUである。

図21は、白色光を偏光した赤、緑、および青の帯域に分解するための、2層のPRSスタックの使用を示す図である。

図22は、3つの偏光光源を結合して単一偏光状態で白色光を形成するための、2つのPRSスタックの使用を示す図である。

図23は、図23a～図23bを有し、(a)単一ステージ2色PRSフィルタ、および(b)2ステージ4色PRSフィルタの設計を示すブロック図である。

図24は、回転色消し半波長偏光スイッチおよび分解素子PRSを用いた2色フィルタの実施例を示す図である。

図25は、2つの回転色消し半波長偏光スイッチおよび2つの分解素子リターダスタックを用いた3色フィルタの実施例を示す図である。

図26は、2つの回転色消し半波長偏光スイッチおよび2つの方形プロフィルリターダスタックを用いた3色フィルタを示す図である。

図27は、図27a～図27dを有し、(a)青、(b)赤、(c)緑、および(d)オフ状態における、図26のフィルタの測定透過である。

図 28 は、図 28 a ~ 図 28 d を有し、(a) 単一ピクセル、または画像レシーバ、(b) CRT を用いたフィールドシーケンシャルカラーディスプレイ、(c) バックライト付き LCD フィールドシーケンシャルディスプレイ、および (d) 周囲の光によって照らされる反射モードフィールドシーケンシャルカラーディスプレイを含むシステムにおける P R S カラーの使用を示す図である。

#### 好適な実施形態の詳細な説明

図 1 に示すように、本発明のカラー偏光子は、「偏光子・リターダ・スタック」(polarizer-retarder-stack: P R S) と呼ばれるリターダスタック 20 と組み合わせた中性直線偏光子 10 を使用する。スタック 20 でのリターダの積層数、リターダンスおよびリターダの配向が選択され、その結果、加法混合三原色スペクトルが第一の偏光軸に沿って透過し、補色の減法混合三原色スペクトルが直交の偏光軸に沿って透過する。リターダスタック 20 でのリターダの配向は、ここでは偏光子 10 の偏光軸を基準にして決定される。リターダのリターダンスは、ここでは、設計波長、典型的には帝には通過帯域中心でのリターダンスとして規定する。

P R S は、本質的に「補色偏光子」(complementary color polarizer)技術である。補色は、混合すると白となる全ての 2 色からなる。図 1 において、補色は赤とシアン (R/C) であるが、代わるものとして、緑とマゼンタ (G/M) または青と黄色 (B/Y) とすることもできる。P R S 偏光子は白色光を入射し、次いでそれを直交した偏光の補色に変換する。

図 1 に示すように、加法混合原色および減法混合原色帯域の両方を維持するため、P R S の後に、受動偏光分離器 (偏光ビームスプリッタ) 30 を用いることができる。これは、特に単一光源投影ディスプレイの分野において、多くの用途を有する。この代わりに、P R S の後に、加法混合原色または減法混合原色を選択するために、効果的に検光子の配向を調整する、偏光スイッチ等の能動偏光分離器を用いることもできる。このような構成は、ビデオカメラとビデオディスプレイを含む、フレームシーケンシャルカラービデオシステム (frame-sequential color video system) の分野において有用である。

図2に示すように、PRSは、カラーを結合するために、または、単一偏光状態における波長帯域を重ねる (super imposing) のために、相互方式で用いることができる。偏光ビームスプリッタと組み合わせたPRS (10および20) は、このようにして、単一偏光状態において、直交して偏光した補色を混合して白色光を生成することができる。この構成は、光を損失することなくコリニア状態で伝搬する偏光ビーム生成するために、異なる波長帯域において機能する光源を重ねるために有用である。これは、個々の赤、緑および青の光源を用いた投影ディスプレイシステムにおける場合である。

本発明は、加法混合原色 (赤、緑、または青) を、その補色の減法混合原色 (シアン、マゼンタ、または黄色) からの効果的に分離するための構成を設計する方法を教示するものである。このように、PRSは、入射された未偏光の白色光から直交して偏光した加法混合原色および減法混合原色を供給するものである。従来の多色性カラー偏光子は、同一の機能を果たすため、2つの偏光フィルムを必要とし、その結果、スループットがより低い。減法混合の三原色の帯域幅は、加法混合の三原色のそれより、公称2倍大きいので、本発明のカラー偏光子は、単一リターダの従来の装置で可能なものより、より選択的でなければならない。PRSは、減法混合原色の帯域の透過を有さないで、一軸に沿って加法混合原色の帯域全てに亘っての高透過率ピークを、最適に供給する。直交する軸に沿った補色のスペクトルは、加法混合原色の帯域の効果的な阻止および減法混合原色の帯域の有効な伝送を与える。好ましい一実施形態において、これは狭い遷移帯幅に加えて、多重通過帯域最大値および阻止帯域ゼロを示す。これは、加法混合のリターダを用い、インパルス応答の内容を増大させ、その結果、理想的な

透過プロファイルをより詳細に近似することによって達成される。

ほとんど損失のない伸縮性のある高分子薄膜と同様に、高効率の中性偏光子材質の入手しやすさのため、PRSカラー偏光子は、非常に高スループットで組み立てられる。加えて、スペクトル透過関数は、使用可能な多色性色素材料の特性によって抑さえられない。これは、ピーク透過を光源の分光特性に調整することを許容することによって、さらにスループットを高めることができる。最後に、

本発明のPRS設計によって提供されるカラーコントラストおよび狭い遷移帯域は、多色性色素または単一リターダカラー偏光子を用いて可能なそれよりも、はるかに優れた飽和度を与える。

#### PRS設計最適化

本発明のPRS設計は、理想的なスペクトルプロファイルの認定、このプロファイルの一連の近似、このプロファイルのアポディゼーション、このプロファイルからのスタック設計の生成、並びにこのプロファイルおよび実際の材料を用いての各原色における最終的なカラー偏光子の設計を含む、いくつかの設計ステップから形成される。最終的なスタック設計は、スタックの複雑さ（リターダの積層数およびアラインメント許容度）と、飽和度およびスループットによって特徴付けられる透過スペクトルの質との間の根本的な妥協の結果である。すなわち、無制限の数のパルス (impulse) とパルス列 (トレイン) のスパンとが与えられたとすれば、理想的な透過関数が基本的に生成されるはずである。逆に言えば、最も簡便な構成は、単一のリターダであり、これはほとんどの目的において不十分な不飽和な色を生成する。これらの極端な手段の間、数層だけで非常に高性能を得る妥協の解決がある。

一般に、一連のN個のリターダは、総計2Nの時刻パルスを生成する。同一の厚さのリターダが使用されると、この数は(N+1)に低減される。注目すべきは、設計が同一の配向の多重リターダを許容すると、リターダは合計の位相の遅れを有する単一リターダによって置換することができる点である。より一般的な認識においては、ゼロ次リターダンスは、準色消しリターダンスシフトを生成す

るための如何なる素子へ付加することができる。これは複雑なインパルス応答を許容するもので、付加的な設計オプションを生成する。本発明は、カラー飽和度およびスループットを最適化するために選択された振幅を有するインパルスを、3回またはそれ以上発生する構造を具備する。これらの振幅は、波長板および検光子の配向および位相の遅れによって制御される。これらのパラメータは、最適なプロファイルを記述する系の適切な丸め(truncation)に基づくネットワーク合成法を用いて決定される。

本設計は、カラー偏光子のための、理想的な振幅または強度の透過プロフィールを規定することによって始められ、これは結合された加法混合および逆の減法混合のスペクトルの源となる。この関数のフーリエ変換は、無限インパルス応答を表している。フィルタは、 $(N+1)$  のインパルス応答のサンプルを表している、 $N$  枚のリターダを用いて構成される。この結果、スペクトルは、時間サンプルの分離によって決定される期間の周期性を有し、各素子のリターダンスによって決定される。加法混合のスペクトルは単一通過帯域のみを有するので、このサンプリングは、より高次またはより低次が可視スペクトルには存在しないということを保証するのに、十分に通常のものであるはずである。これは、リターダの次数が、自由スペクトルレンジ(free-spectral-range: FSR)フィルタを決定するということを宣言していることに相当する。実際において、スペクトルの“衝撃係数(duty-ratio)” (オン状態: オフ状態) は、特定の原色帯域(primary band)の中心波長に大きく依存する。これは、リターダンス変化の速度が中心波長に強く依存するからである。最適化は、無関係のタイムサンプルの数を最小にすることに焦点を合わせるので、適正可視遮断(ブロッキング)に必要なFSRを最小化することが最初のステップである。最小のFSRにおいては、加法混合原色の帯域に隣接した次数は、可視領域に近接してあるが、内側ではない。隣接するオーダーが可視領域の外側に位置するので、隣接する次数の帯域のすそ(バンドテイル)は可視領域へ広がっている場合があり、波形(リプル: ripples)が可視領域に現れる可能性がある。

最小のサンプリングインターバルが規定されると、残っているのは、インパルスの数および振幅の決定である。これらは単純に、最大の数が切り捨てられる系

のフーリエ係数(Fourier coefficients)とすることができる。しかしながら、方形ウィンドウ関数(rectangular window function)で切り捨てることは、性能を低下させる通過帯域リプル(pass-band ripple)および遮断帯域サイドローブ(stop-band side-lobes)を生成する。この代わりには、第1に、適切なテーパウィンドウ関数(tapered window function)によってインパルス応答関数を掛けることである。これらの多くは、ハミング(Hamming)、ハンニング(Hanning)、ブラッ



クマン (Blackman) およびカイザー (Kaiser) ウィンドウを含む信号処理として知られている。この結果は、ウィンドウ処理された (windowed) (切り捨てられた (truncated)) フーリエ級数であり、これはネットワーク合成プログラムにインプットされる。インパルス応答のより最適な選択のため、振動数サンプリング (frequency-sampling) または等波形 (equiripple) 設計近似などの繰り返し (iterative) 設計手順を用いることもできる。インパルス応答が決定されると、リターダ/偏光子の配向が、ネットワーク合成技術を用いて選択される。

ネットワーク合成技術 (Harris et al. (1964), J. Opt. Soc. Am. 54:1267, Ammann et al. (1966), J. Opt. Soc. Am. 56:1746, and Ammann (1966), J. Opt. Soc. Am. 56:943 を参照) は、N 枚のリターダの配向および出口偏光子を決定して、所望の振幅の  $(N+1)$  のパルスを得るための手順である。PRS 構成は有限のインパルス応答を生成するので、検光子によって生ずる透過スペクトルは、時間領域 (time-domain) パルスの振幅および偏光子の配向に大きく依存する。補色原色のカラー偏光子として使用するのに適する可能性のある多くの透過関数を生成することができる。さらに、ネットワーク合成技術は、同一のスペクトルプロファイルを有するフィルタを得るために多段構造を生成するということはよく知られていることである。製作する上で最も簡便な設計はこのセットから選択することができる。したがって、ここで得られる特定の設計は、加法混合原色および減法混合原色の帯域を分離することのできる PRS 設計のサブセットであることが認識されるであろう。

最適のプロファイルのために配向が選択されると、設計パラメータは標準のミュラー (Mueller) 行列技術を用いて分析され、それは特定のリターダ材料のため分散フィッティング (dispersion fit) を含む。次いで、リターダンスを選択し、

特定の材料に対する各原色における最適なカラー飽和度を与えるようにする。PRS 計の評価基準は、飽和度、色相、およびスループットの考慮に基づく。如何なる PRS 設計においても、密接な関係にある加法混合原色スペクトルおよび減法混合原色スペクトルの両方に、これらのパラメータがどのように影響を与えるかに関心を持たなければならない。飽和度と色相とは、CIE 色度図を用いて評

値される。特定のフィルタ出力によって生ずる色の質は、一連の重なり積分の計算により特徴付けることができ、この重なり積分は、特定のフィルタ状態の透過関数、光源のパワースペクトル、およびCIEカラー整合関数を含む。

1931色度図における各出力カラーを示すは以下の計算から得られる。

$$x(\alpha) = \frac{X(\alpha)}{X(\alpha) + Y(\alpha) + Z(\alpha)}$$

$$y(\alpha) = \frac{Y(\alpha)}{X(\alpha) + Y(\alpha) + Z(\alpha)}$$

ここで、 $\alpha$ はフィルタ(RGB)の状態を示すインデックスである。項は重なり積分によって算出される。

$$\begin{aligned} X(\alpha) &= \int P_s(\lambda) T(\lambda, \alpha) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y(\alpha) &= \int P_s(\lambda) T(\lambda, \alpha) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z(\alpha) &= \int P_s(\lambda) T(\lambda, \alpha) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned}$$

ここで、 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 、 $\bar{z}$ は、1931CIE色整合関数(color matching function)

である。 $P_s(\lambda)$ は光源の電力スペクトル(power spectrum)であり、 $T(\lambda, \alpha)$ は、 $\alpha$ 状態のフィルタの透過関数である。

飽和原色は、所望の原色帯域で透過される光源パワーの原色帯域外に透過される光源パワーとの比の最大化によって生ずる。PRS設計はしばしば光源の特性に整合され、最適化は全く明確であるはずである。一般に、6000K黒体等の真の白色光源は、CRT蛍光体等の分布光源(distributed source)より、フィルタ性能により大きな要求を出す。事実、後者は、受動フィルタによって効果的に

予め調整された白色光源とみなすことができる。受動フィルタは、原色帯域外に存在する帯域を除去して飽和度を増大させるために、いつも挿入されるということとは、よく知られている。

特定原色は、光源のかなり限定されたスペクトル帯域に及んでいる。したがって、理想的なPRSは、この全体の帯域が挿入損失なく通過することを許容し、

その上、残存光を遮断するための高光学濃度(optical density)を生成する。これは、遮断帯域での一連の分布ハイコントラストゼロに加えて、非常に急勾配の遷移スロープ(transisiton slope)を意味する。理想的なP R S構成は原則的に製造することができるが、しばしば極端に多くのリターダフィルムを有する。基本的な設計の複雑さは、インパルス応答を与える、所望の透過スペクトルのフーリエコンテンツを単純に考慮することによって評価される。実際には、得ることができる遷移スロープおよびサイドロープ振幅／配置は、制限された構成要素数で飽和度を最も最適化するように慎重に選択されなければならない。

飽和度および色相は、加重したパワー比の測定なので、それらは、構成の絶対透過について、特定のことは示さない。可調整フィルタの用途は、しばしば低挿入損失を要求するので、したがって、スループットは最適化の分岐点になる。最大パワー透過は光源の完全な透過または最大脱飽和(desaturat ion)に対して起こるので、基本的に、これらは争いがある。現実には、最初に各原色帯域に対するカットオフ波長を選択しなければならない。次いで、帯域内透過(in-band trans mission)最大にするのが適当であり、これは高飽和度および高スループットに適合した必要条件を形成する。

飽和度およびスループットに影響を与えるフィルタパラメータについて、以下で簡潔に説明する。加法混合原色スペクトルのゼロは、減法混合原色スペクトルのピークおよび逆(vice-versa)を表すけれども、スペクトルを加法混合の三原色の用語で説明することに注意してほしい。

ピーク透過率：これは高効率偏光子、低損失リターダ、および原色帯域における偏光に関する損失を最小限にする設計を用いることによって、最大限にされる。P R S設計にとって、偏光子による吸収は、典型的には主光源(dom inant source)の損失である。しかしながら、漂白(b leach ing)偏光子に対する従来技術で知られている方法を、ゼロコントラスト(null contrast)を増大したスループットと交換するために使用することができる。フレネル損失を最小限にするために露出した偏光子表面をA Rコーティングするなどの実際の検討は、グレア(g la ré)および挿入損失を低減させる。

解像度：スルーブットの観点から、解像度を十分に低減されて、原色帯域中のピーク透過率を維持しなければならない。飽和度の観点から、通過帯域の解像度を所望の原色帯域だけ隔離するに十分でなければならない。急勾配の遷移スロープ（または通過帯域での複数のピーク）に加えて、十分に低い解像度を形成する設計が好ましい。

遷移帯域スロープ：これは、原色のピーク透過率と最初の隣接するゼロとの間のバンド幅（10%～90%）によって規定される。

ゼロ透過率：ゼロコントラスト (null contrast) は基本的には偏光子消光比によって決定されるが、また、スタックフィルムのリターダンスおよびアラインメントによるものである。さらに散乱のための減偏光 (depolarization) は重要でないとされている。実施には、100:1 ピーク/ゼロコントラストは難なく達成可能であり、それは飽和色を達成するために必要とされるそれをかなり超えている。

ゼロの数およびそれらの配置：ゼロの数およびそれらのスペクトル配置は、スタック設計および構成要素のリターダンスに依存する。帯域外パワースペクトル極大 (out-of-band power spectral maxima) にゼロを計略的に配置するのが有利である。

サイドロープ振幅：サイドロープ振幅は、特定のスタック設計に依存し、最小限であるべきである。帯域外パワースペクトル極大から隔離してサイドロープ極大を配置するのが有利である。サイドロープ振幅を低減するために透過関数をアポダイジング (apodizing) 技術は、しばし位相遅れの積層数を増大させることなく、性能を向上するために用いることができる。

青/赤漏れ (リーク)：これは、自由スペクトルレンジ (FSR) または透過関数の周期性に関係する。近接した次数は、可視の外または光源発光 (source emission) から隔離して、原色帯域の脱飽和 (desaturation) を避けるようにすべきである。

光源特性：光源特性および特別の性能の必要条件は、設計最適化の重要な局面である。これは、原色帯域発光の中心波長、原色帯域発光 (バンド幅) 内のパワ

一分布、原色帯域外の光源発光を含む。偏光子材料は、必要であればフィルタ設計を補償することができる波長感応性透過（二色偏光子(dichroic polarizer)は、典型的には青で透過性がよくない）を有する場合がある。

#### P R S 材料

中性偏光手段に適した材料は、二色偏光子等の吸収に基づく偏光と、複屈折偏光子、積層板(pile-of-plate)偏光子、コレステリック(cholesteric)液晶、またはマイクロプリズム等の偏光剪断(shearing)に基づくそれとの間を区別する構成を含む。後者は、色を分離または混合する受動構成を実現するために必要である。何れのクラスは、偏光スイッチに組み込まれる能動システムで用いることができる。

偏光剪断構成は通常、大きな透過性があるが、しばしば、高価でかさばる(bulky)。二色偏光子材料は安価で、且つポラロイド(Polaroid)、ニットー(Nitto)およびサンリツ(Sanritzu)によるものなど広範囲に入手可能である。これらの材料は、中性度、ピーク透過率、および消光比(extinction ratio)において変化する。一般的には可視全体の透過率を最大にするのが有利であるので、中性透過性および適度の消光(extinction)を有する材料が望ましい。上述したように、過度の色コントラストは、漂白(bleaching)二色偏光子材料による透過性の増大に代えることができる。カラー偏光子は、特定の原色が非偏光(unpolarized)スタックによって通過するはずであるケースに使用することができる。パターン偏光子は、P R Sを画素化(pixelate)するのに使用することができる。

P R Sスタックで好適に用いられるリターデーション材料は、次のものを具備する：オプティカルクラリティ(optical clarity)が高いこと、一定のリターダンス、設計必要条件に十分な範囲のリターダンス（これは、誘導複屈折(induced birefringence)の範囲および厚さの実際的な範囲に依存する）、耐環境性、および多くの場合における広領域で安価であること。

波長スタックは、成形複屈折(form-birefringence)デバイスの層、液晶高分子フィルム、延伸(stretched)高分子リターダシート、または結晶リターダを用いて構成することができる。現在、成形複屈折デバイスは実際的な理由により低い

リターダンスに限定される。これらはエッチングまたはデポジットの何れかにより光を回折しないが、直交状態の間に位相ずれ(phase shift)を付与する高解像

度の周期性構造を、ホログラフィックに(holographically)に記録される。現在、複屈折の成形を用いて、マルチ・次数(multi-order)低損失可視リターダを製造するのは困難である。

液晶高分子フィルム、特にUV架橋性の高分子ネマティック直線リターダは、リターダスタックを形成する可能性がある。しかしながら、重合したときに、ガラス状のリターダフィルムを形成する材料は、まだ、商業上入手可能ではない。材料は、非常に高い複屈折を有することができるので、潜在的に魅力ある特色は、薄い高次(high-order)リターダを形成できることである。これにより、安価で単一基板上への多層膜の製造を許容される。

比較的低い分解能の色生成のために最も好ましい材料は、現在、延伸高分子フィルムである。これらの材料は独特の複屈折分散特性を有する種々の材料を用いて、任意のリターダンス(0~2, 000 nm)で入手可能である。大面積のシートを安価に入手することができ、透明アパーチャ(clear aperture)フィルタを形成可能である。z延伸(z-stretched)高分子(Nitto NRZ)の特性は、小さなリターダンスで広い視角を許容する。これはPRSを直視する用途において好ましいものである。PRSを形成するのに有用な高分子材料は、ポリビニルアルコール、ポリカーボネート、マイラー(my lar)、ポリプロピレン、ポリスチレン、トリアセテート(トリブチルアセテート)およびポリメチルメタクリレートを含むが、これに限定されない。

水晶、マイカ、および方解石等の従来の結晶性リターダ材料は、高分子フィルムに適したものより、より高分解能が要求される用途に好適である。また、それらは、低波面歪み、および/または高パワーハンドリング条件を必要とする用途にも有用である。それらは、高分子リターダよりより高価であり、特に低リターダンスが要求される場合に、広範囲を与えない。

PRSスタック設計の重要な面は、リターデーションの波長依存性である。リターデーションは波長に逆比例するので、それは波長の消光に依存する変化の割

合である。さらに、ほとんどの材料のリターデーションは、潜在的に複屈折分散に依存する。リターデーションの変化の割合は、下記式で与えられる。

$$\frac{1}{\Gamma} \frac{d\Gamma}{d\lambda} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\Delta n} \frac{d\Delta n}{d\lambda}$$

ここで、 $\Delta n$ は複屈折である。材料複屈折性の分散は、二項目で評価される。また、興味のある大部分の複屈折材料について、複屈折スペクトルのスロープは負であり、さらに、より短い波長で、リターダンスの変化割合が増大する。その結果、青の中のスペクトルは、赤のそれより、よりを「圧縮(compressed)」されている。この理由によって、最適な設計は、特定の加法混合原色帯域に依存してかなり変化するはずである。

ここで報告したPRS設計に用いられる材料は、ウー(Wu)による複屈折分散関係式(Wu(1986), Phys. Rev. A 33:1270)によって設計される：

$$\Gamma = (\Gamma_0 + 2\pi m) \frac{\lambda}{\lambda_0} \frac{\lambda(\lambda_0^2 - \lambda^{*2})}{\lambda_0(\lambda^2 - \lambda^{*2})}$$

ここで、 $\Gamma_0$ はゼロ次(zero-order)リターダンスであり、 $m$ はリターダ次数であり、 $\lambda_0$ は設計波長であり、 $\lambda^*$ は、測定によって得られる平均UV共振(mean UV resonance)を意味する。これは、推測が、偏光子との間で45度だけ配向したリターダ材料の測定スペクトルに一致するまで、 $\lambda^*$ を調整することによってなされる。上述した2つの方程式を用いると、複屈折の分散は、下記式で近似される。

$$\frac{1}{\Delta n} \frac{d\Delta n}{d\lambda} = \frac{-2\lambda^{*2}}{\lambda(\lambda^2 - \lambda^{*2})}$$

これは、分散の割合が、一般に負であることを立証する。

リターダンスの波長依存性は、偏光スイッチ等の理想的な色消し構造、およびカラー偏光子等の色構成と密接な関係を有する。先に示したように、中心波長の配置は、可視の中に得られる衝撃比(duty ratio)に対して十分な影響を有する。周波数領域における対照的衝撃比(symmetric duty ratio)を有する設計は、波長領域に中央波長依存衝撃比(center wave length dependent duty ratio)を有す

る。このような設計は、B/Yカラー偏光子に対してより大きな衝撃比およびR/Cカラー偏光子に対してより小さい衝撃比を有する。

典型的に、可視全体において色消しとしての動作を与えるつもり of 構造の設計波長は、青の方へ偏っている。典型的な設計では、550 nm 設計波長（可視の中央）を用いるよりむしろ、上述の影響を補償するために、より短い波長、一般的に、FLC 偏光スイッチを500 nmを用いる。

実質的には、特定の光源特性、材料分光、および所望の出力スペクトルを条件として、PRS カラー偏光子の数が無制限の設計がある。また、理想のスペクトルプロファイルを近似するいかなるFIR フィルタも、本質的には、ここで示す技術を用いて生成することができると認識される。ネットワーク合成技術を用いて生成された2~3の特別な設計の実施例をここに示す。第一の実施例は、多重通過帯域極大(multiple pass-band maxima)、狭遷移帯域幅(narrow transition bandwidth)および多重阻止帯域ゼロ(multiple stop-band null)をもたらす、対称的な方形プロファイル(symmetric square profile)の分解(decomposition)に基づくものである。第二の実施例は、ソルク(Solc)フィルタに基づくものであり、それは同一の厚さのリターダを用いた通過帯域設計の他の特別なケースである。第三の実施例は、分割素子フィルタ(split-element filter)であり、複合(complex)インパルス応答を用いたカラー偏光子の例である。

#### 方形プロファイルPRS

上述したように、有用なPRS カラー偏光子を示す、多くのインパルス応答関数がある。飽和色を生成するための一般の条件は、急勾配の遷移スロープ、低サイドローブ振幅、および加法混合原色スペクトル(APS)を減法混合原色スペクトル(SPS)から適切に分離するため効果的なフィネス(鮮鋭度)である。例えば、例示的な一般目的のカラー偏光子設計は、スクエア透過スペクトルのフーリエ分解に基づくものである。このような設計は、方形波に対するフーリエ級数、インパルス応答振幅の係数、および適正なウィンドウ関数による切り捨て(truncation)を形成することによって実現することができる。これに代わ

る技術は、インパルス応答関数の振幅に到達するための反復数値法(iterative



numerical methods)を用いることである。例えば、固定された数のリターダが与えられれば、特定の極大通過帯域および阻止帯域波形(stop-band ripple)を得るために、遷移帯域幅を調整することができる。また、この代わりに、遷移帯域幅を固定し、波形振幅を可変にすることを許容することである。

インパルス応答の6つのサンプルを用いた最適化PRSの具体的な実施例を、図3に示す。このカラー偏光子は、偏光子10と、リターダ81~85を具備する。この偏光子は固定した波形振幅、具体的には、阻止帯域における1%の透過極大と、通過帯域において1%より小さい損失極大とを与えるように設計された。サンプリングは、周波数スペクトルの衝撃比(duty-ratio)が対称(50:50)となるように行う。この最適化の係数に基づいて、リターダの配向をネットワーク合成技術を用いて生成した。ある解答は、図3に示すように、同一の厚さを有する5枚のフィルムからなり、ここでは2組が同一の配向を有している。したがって、このスタックは、同一のリターダの5シート、または2つのリターダンスを有する3シートの何れかを用いて製作することができる。後者の場合、リターダ82および83は、 $2\Gamma$ のリターダンスと、 $-15^\circ$ の配向を有する単一のリターダによって置換され、リターダ84および85は、 $2\Gamma$ のリターダンスと $10^\circ$ の配向を有する単一のリターダによって置換される。

図3の設計は、単一リターダによって与えられた、2つの同一のフィネスに対する、対称プロファイルに基づくものであるが、優れたカラー飽和度が得られた。これは部分的には、フィネスの定義、すなわち、FSRに対するFWHMの比が、透過スロープを適切に考慮に入れていないためである。さらに、リターデーションの波長に対する非直線的依存性と原色帯域中央波長の選択とに起因する。例えば、ポリカーボネートの分散に基づく設計は、効果的な3つのフィネスを有する青/黄色のカラー偏光子を得る。これと比較して、同一の対称的なプロファイル設計を用いた赤/シアンを生成する仕事は、より困難である。というのは、リターデーション特性は効果的なフィネスを増大するよりむしろ低減するように働くためである。

図4のモデル(計算された)スペクトルは、それぞれ600nmで全波長の

リターダンスを有する5つのポリカーボネートリターダシートを用いた図3のカラー偏光子に基づくものである。図4は、青の加法混合原色スペクトルおよび補色の黄色の減法混合原色スペクトルの透過率を示す。スペクトル特性の要約は以下の通りである：

極大（100％）：417nm、440nm、468nm

ゼロ（0％）：546nm、600nm、670nm

サイドローブ振幅：＜1.0％

FWHM：103nm（400nm～503nm）

効果的なフィネス：3

図4に示すように、方形波プロフィルのネットワーク合成分析を用いて設計された偏光子の加法混合原色スペクトルは、それ自体、近似の方形波である。多重通過帯域極大と阻止帯域ゼロは、近似の方形波スペクトルの顕著な特徴である。多重極大および極小は、通過帯域および阻止帯域プロフィルを平らにする。また、シャープな透過帯域スロープは、近似方形波スペクトルの特性である。図4において、帯域スロープは、約45nmである。本発明の近似方形波スペクトルにおいて、好適な帯域スロープは、70nmより小さい。各加法混合原色に対して、50nmより小さい、場合によっては、40nmより小さい帯域スロープを有するフィルタを、ネットワーク合成技術によって設計することができる。

図5aおよび図5bは、図4のモデルとほぼ完全に一致している、カラー偏光子の測定した実際のスペクトルを示す。スタックは、補色の加法混合原色（図5b）および減法混合原色（図5a）を示す、平行および交差偏光子の間で測定された。透過率は、光源特性およびスタックのみの透過率を与えるフレネル(Fresnel)損失に対して正規化される。全ての偏光干渉損失に沿った、フィルムと粘着剤層の吸収／干渉(interferometric)損失は、およそ2%であることを示している。これらの図は、所定の帯域全体の高ピーク透過率、非常に低いサイドローブ、高コントラスト、および狭い透過帯域幅を立証する。

また、赤／シアンカラー偏光子は、ネットワーク合成技術によって設計された。上述のように、ネットワーク合成は、所定のインパルス応答関数に対する、

一つより多いリターダスタック設計を生成する。第1表は、それぞれ五つのリターダを具備する、4つのリターダスタックを示し、同一の透過スペクトルを生成する。5つのリターダスタックに対する加法混合原色スペクトルは、図6のカーブ(a)に示す。表2は、それぞれ7つのリターダを有する9つの異なるリターダスタックを示し、これは、図6のカーブ(b)に示す、同一の透過スペクトルを生成する。7層のリターダスタックは、5層のリターダスタックより多い、2つ以上のインパルス応答のサンプルを有することに注目してほしい；カーブ(b)カーブ(a)より、さらに大きい通過帯域極大と阻止帯域ゼロを有し、且つより急勾配の通過帯域スローブを有する。

表2の設計4のカラー偏光子は、設計波長643nmについて構成され、加法混合原色帯域透過率が測定された(図7)。リターダ1は入射偏光子に対して、ほぼ平行であり、組立装置から削除した。測定され透過率を、光源特性およびフレネル損失に対して正規化した(normalized)。測定スペクトル(図7)は設計スペクトル(図6b)と非常によく一致している。注目すべきは、近接する透過帯域のテイルが可視スペクトルの青の端部に表れることである。これはフィルタの自由スペクトルレンジを増大することによって除去することができる。

#### ソルク(Solc)によるPRSカラー偏光子

ソルク(Solc)によるPRSデバイスもまた、多層均一膜厚リターダを用いる。折り返し(folded)ソルク(Solc)デバイスの場合、扇状装置のフィルムは、入射偏光子から配向を直交する配向に「回す(wind)」が、二つの独特の配向のみが必要となる。自動システムでは、フィルムは偏光子に対して如何なる方向でも設けることができるので、これは問題とはならない。

示されているソルク(Solc)PRS実施例は、周期性シンク関数(sinc function)プロフィルを具備する。通過帯域は、一連のサイドローブによって分離された近接次数を有する単一ピークからなる。他の構成がアポダイズされた(apodized)スペクトルを生成することができるけれども、高サイドローブ振幅

は、級数の急な切り捨て(truncation)によるものである。固定されたサンプリング速度(またはリターダの厚さ)に基づいて、インパルス応答のスパンが増大す

るにつれて、通過帯域幅が狭くなる。一般に、リターダ次数は、所望の自由スペクトルレンジを達成するために選択され、フィルタのフィネスはリターデーションフィルムの数 $N$ 比例する。

ソルク (Solic) P R S には、折り返し (folded) および扇形通過帯域構成に基づいて、2つバージョンがある。P R S 構成は、後続に一連の少なくとも二つのリターデーションフィルムを有する単一入射中性偏光子からなる。フィルムの配向は、ソルク (Solic) 設計方程式に基づいて決定される。折り返し (folded) バージョンに対しては、リターダは多重次数半波長リターダである。この場合においては、減法混合原色帯域は、入射偏光子に対して平行に出射し、また加法混合原色帯域は直交する方向に偏光される。リターダの配向は、入射に対して、振動角、 $\alpha = \pi / 4 N$  に従うサインで変換する。

扇形 (fan) フィルタの場合においては、リターダは多重次数全波長プレートである。リターダ配向は扇形を形成し、入射偏光子に対して、角度  $\alpha$ 、 $3\alpha$ 、 $5\alpha$  ...  $(2N-1)\alpha$  に従って分布する。この P R S の設計を用いて、加法混合原色帯域は、入射偏光子に対して平行に出射し、また減法混合原色は入射に対して直交した偏光となる。

リターダ配向はソルク (Solic) 設計方程式に正確に適合させることを条件として、加法混合原色中央波長において理論的に 100% の透過率が保証される。R / C、G / M および B / Y P R S 構成の例は、折り返しおよび扇形の両方のバージョンで設計された。分散のない材料は、リターダ次数において、最高の条件の範囲を提供すると想定される。透過スペクトルの要約は、表 3、表 4、および表 5 に示した。各表のパラメータは図 8 の代表スペクトルで示されている。図 8 b のスペクトルは大部分について、3つの通過帯域を示しているが、本発明の加法混合原色スペクトルは、可視スペクトル領域においてただ一つの通過帯域を有する。

#### ソルク (Solic) 赤 / シアン

2 ~ 4 のリターダを用いた折り返し (folded) および扇形 R / C カラー偏光子を考察した。もっとも、加法リターダを解像度を増大するため用いることができる。

。全波長リターダを有する扇形タイプは、最適なFSRを生成する。ゼロ次半波長リターダを有する折り返し(folded)タイプは、過度のFSRを有し、十分な解像度のために加法リターダを必要とする。第1次数半波長リターダを有する折り返しバージョンは、青のリークを示した。一波長のリターダンスを有する扇形バージョンおよび1.5波長のリターダンスを有する扇形バージョンの要約は、表3に示す。図9は、具体的なR/C構成(設計5)を示し、これは15度の振動角度に従って配向した3つのリターダを有する扇形設計である。透過関数は、低いサイドローブレベルおよび全く急勾配の遷移帯域スロープを示す。したがって、高い透過率は、シアン平行偏光スペクトルの全体に亘って維持される。さらに、赤におけるリターダンスのゆっくりとした変化は、100nm FWHMを許容する。

#### ソルク(SoIc)緑/マゼンタ

いくつかの折り返しおよび扇形バージョンは、許容できるG/Mスペクトルを生成することを知見した。再度、2~4のリターダを有する設計を考察した。最小リターダンスは、1.5波長であり、これは、4つのリターダを使用したときに中程度の解像度を与えるものであった。可視における対照のブロッキングにより、3つの波長と大きいリターダンスが容認された。それ自体では、36nmから100nmを超えるまでの範囲の解像度が実現可能なものであった。図10は、表4の設計5を用いた具体的なG/Mカラー偏光子を示す。この設計は、高い解像度と低いサイドロープ振幅が特徴である。

#### ソルク(SoIc)青/黄色

表5の一覧データは、再度2~4のリターダを用いての、1.5および2.0波長のリターダンスを有する折り返しおよび扇形バージョンを示す。表5の設計2のモデルスペクトルを図11に示す。この分析の結果は、各加法リターダを用いてフィネスを増加させた通過帯域PRS設計は、より長い波長(R/C)でより適当であることを示している。これは、赤と比較して、青でのリターダンスの急な変化が、容認できない高い通過帯域解像度になるためである。この場合、より高い解像度への押し上げは、より狭い遷移帯域幅になるので、よりよい飽和度

を追求する目的で、フィネスを増大させる設計を用いた場合には、青においては交換条件がある。すなわち、広い遷移帯域幅は青と緑の帯域を適切に分離しないが、一方、狭い遷移帯域幅が、加法混合原色のスループットを低減する（このため、減法混合原色は脱飽和する）。方形プロフィール実施例で示すとおり、この問題は、低いフィネスを維持しながら、狭い遷移帯域幅を生成する設計を用いることによって解決される。

#### 分割素子 P R S

分割素子 (split-element) フィルタは、複合インパルス応答関数に基づく設計実施例であり、すなわち、色リターダと同様に色消しを含む。分割素子フィルタは、その全体を参照としてここに組み込まれる、1994年7月12日に出願された米国特許出願第08/275,006号に詳しく説明されている。分割素子フィルタにおいて、色消しリターダンスシフトが、二状態ライオット (Lyot) フィルタのスペクトルを生成するために、分割素子および中央素子に必要とされる。複合インパルス応答を許容する設計は、本発明のカラー偏光子における付加的設計オプションに意味する。しかしながら、それらは一般的に各素子へゼロ次リターダンスの付加を要求するため、P R Sを実行するために、いくつかのリターディション値を必要とすることができる。これは同一の厚さのリターダを使用することのできる理想的なインパルス応答に基づく設計と対比される。各原色についての具体的な考察に加えて、分割素子 P R S カラー偏光子のための基本設計考察を以下で述べる。

分割素子 P R S カラー偏光子の一般的な設計は、二状態ライオット (Lyot) PIF に類似するところから着手する。二状態ライオット (Lyot) フィルタ (図 1 2 a)。二状態ライオット (Lyot) フィルタは、リターダ板 5 0 および 6 0

と結合している、3つの平行中性偏光子 4 0、4 1 および 4 2 を必須とする。リターダは、2 : 1 の厚さ比を有し、 $\pi/4$  で配向している。ライオット (Lyot) 構成がカラー偏光子として機能できない (二状態の必須条件による) が、分割素子フィルタに類似した通過帯域スペクトルを供給し、有益な開始点になる。図 1 2 b ~ 図 1 2 c に示すように、分割素子フィルタはライオット (Lyot) フィルタのより

厚い素子(60)を分割し、半分(61および62を中央リターダ(51または52)の何れかの側に、直交した(図12b)または平行の(図12c)光学軸の何れかで配置することによって構成される。中央リターダは、入射偏光子10の軸に対して平行または直交して配向される。ライオット(Lyot)フィルタの中間の偏光子は除去される。通過帯域出射のため、出射偏光子35は一般に、入射偏光子と直交する。正確なライオット(Lyot)スペクトルを達成するため、純粋な(色消し)  $\pi/2$  リターダンスを、分割素子61および62に付加しなければならないことに注目してほしい。同様に、直交する分割素子の場合において、色消し  $\pi$  リターダンスを、中央リターダ51に付加しなければならない。これは平行リターダデバイスの中央リターダ52には要求されない。

図13aは、リターダンスが、設計波長で、それぞれ、m次および2m次で表されるライオット(Lyot)フィルタによって生成されたスペクトルを示す。透過スペクトルは下記で与えられる。

$$T(\lambda) = \cos^2(\Gamma/2) \cos^2(\Gamma)$$

ここで、 $\Gamma$  は、低次リターダのリターダンスに依存する波長であり、

$$\Gamma(\lambda) = 2\pi m \frac{\lambda_0}{\lambda} \frac{\Delta n(\lambda)}{\Delta n(\lambda_0)}$$

$\Delta n$  はリターダ材料の分散複屈折であり、 $\lambda_0$  は設計波長である。平行偏光子状態は、コサイン方形スペクトルを生成するので、ライオット(Lyot)フィルタのピーク/ゼロ波長は全く同じに整列する。すなわち、両方の波長板(waveplates)がピーク透過波長で全波長のリターダであり、阻止帯域において、低次状態の半

波長リターダンスが、高次状態の全波長のリターダンスと同時に起こる。これは図13aに示すように、等振幅サイドローブを生成する。

分割素子PRSは、図12b～図12cの偏光子10およびリターダスタック20を具備する。リターダスタックは、リターダ61、51および62a、またはリターダ61、52および62bの何れかを具備する。本発明の分割素子カラー偏光子においては、減法混合原色スペクトルは、入射偏光子の軸に沿って透過され、加法混合原色帯域は、直交する軸に沿って透過される。ライオット(Lyot)

フィルタのように、分割素子PRSは、各ピークが3つのゼロによって分離されている、周期的サイン方形透過関数を生成する。これは加法混合原色スペクトルを表す。逆のスペクトルに対しては、これは、均一の透過性を有する3つの波長の極大が、減法混合原色帯域に広がることを意味する。加法混合原色帯域の高いピーク透過率を維持する能力は、減法混合原色スペクトルが阻止される程度を決定する。

分割素子PRSカラー偏光子に対して、2つの設計オプションがある：図12bおよび図12cに示すように、直交分割素子および平行分割素子である。分割素子の総リターダンスが $\Gamma_{SE}$ とすると、中央素子リターダンスは $\Gamma_c$ となる。直交リターダ構成において、x軸に沿った透過関数は下記で与えられる。

$$T(\lambda) = \sin^2(\Gamma_{SE}/2) \sin^2(\Gamma_c/2)$$

これは、ライオット(Lyot)スペクトルを同一に生成するために、色消しの半波長リターダンス（各分割素子に対して1/4波長）が必要であることを数学的に示している。下記で示される平行分割素子透過関数は、

$$T(\lambda) = \sin^2(\Gamma_{SE}/2) \cos^2(\Gamma_c/2)$$

分割素子リターダンスにおける半波長シフトを必要とする。このように、分割素子リターダは一般に、図13bおよび図13cに示すように、ピーク透過の波長でm次半波長プレートである。図13はラベル付けされた透過帯域オーダの規則(convention)を示す。n次の中央リターダは、それぞれ、分割素子が直交かまたは

は平行かに依存して、設計波長で半波長プレートまたは全波長プレートの何れかである。中央素子リターダンスは、平行および直交分割素子に対して異なるので、それぞれによって生成される透過スペクトルは独特である。

カラー偏光子を組み立てる場合、素子に色消し1/4波長または半波長リターダンスを付与するのは、実際的ではなく、必要性もない。幸運にも、ゼロ次リターダンスを、必要に応じて分割素子および中央素子に単に付加することによって、適切なカラー飽和度が達成される。ゼロ次リターダンスの使用は、同時に、均衡のとれたサイドロープレベルに加えて、透過波長の理想的な効率を達成することを予め除外する。実際には、リターダンスのわずかな調整は、飽和度とスルー



ブットとの調和をとるために付加される。さしあたりこれを無視すると、分割素子 P R S スペクトルは、図 1 3 b および図 1 3 c に示すように、ライオット様 (Lyot-like) スペクトルにかなり近くなる。

本発明の P R S カラー偏光子において、分割素子リターダンスの合計は、ゼロ次リターダンスの範囲内で、中央素子リターダンスに対して 2 : 1 の割合である。これは、ほとんど同一の厚さのリターダが、スタックの各素子に使用されることを許容する。ライオット (Lyot) フィルタと同様に、分割素子はフィルタの解像度を決定し、一方、薄い (中央) 素子はスペクトル周期、または自由スペクトルレンジ (F S R) を決定する。本発明のカラー偏光子において、各分割素子リターダと中央リターダとの間の、設計波長でのリターダンスの絶対的な相違は、 $1/4$  波長、すなわち、下記式で示される。

$$|\Gamma_{SE}/2 - \Gamma_C| = 1/4 \text{ 波長}$$

これは、分割素子カラー偏光子の解像度が阻止帯域幅と結合していることを示す。

リターダンスの下限は、中央素子がほとんど重大なフィルタリング動作を実行しないのためのものである。ゼロ次半波長と同様に中央素子リターダンスは、有用なカラー偏光子、特に分散材料のためのものを提供することができる。カラー偏光子の最大解像度には、F S R がもはや原色間で効果的な分解能 (ディスクリミネーション) を適切に供給しない場合に至る。このように、中央リターダ次数

の上限 (ceiling) は、「最高条件 (best-case)」、または分散のない材料に基づいて決定することができる。この上限は、各原色の中央での分割素子カラー偏光子設計を要約して表 6 ~ 表 8 に示す。

何れの設計においても、分割素子リターダンスは、透過ピークにおいて、 $m^{\text{th}}$  半波長である。平行分割素子に対しては、中央リターダは  $n^{\text{th}}$  次全波長リターダであり、かつ直交分割素子に対しては、中央リターダは、 $n^{\text{th}}$  次半波長リターダである。一般に、分割素子ステージは、 $(m + 3/2)$  および  $(m - 1/2)$  波長のリターダンスで近接する極大を生成し、それは、中央ステージによって生成されるゼロに、ほとんど一致する。平行分割素子に対しては、これは、それぞれ

、リターダンスが  $(n+1/2)$  および  $(n-1/2)$  波長で生じる。直交分割素子に対しては、これは、それぞれ、リターダンスが  $(n+1)$  および  $(n)$  波長で生じる。各ピーク間の2つの付加的なゼロは、分割素子の全波長リターダンス、 $(m-1)$ 、 $m$ 、 $(m+1)$ 、 $(m+2)$  に一致する。

要求されるゼロ次リターダンスの色度は、原色のピーク透過と、阻止の均一性（サイドロープ振幅のバランス）との間に妥協を生成することができる。これは図 1 3 b および図 1 3 c を考察することによって最良に示される。図 1 3 は、色消しリターダを有する理想的分割素子リターダについての極大およびゼロを示し、図 1 3 b では、色消しリターダを分割素子リターダに付加し、図 1 3 c では、中央リターダに付加したものである。ゼロ次リターダが色消しリターダの代わりに用いられる場合、極大およびゼロの相対的な位置はシフトする。直交分割素子に対しては、 $(m+1/2)$  および  $(n+1/2)$  波長のリターダンスが生じた場合には、同一の波長では、 $(m+3/2)$  および  $(n+1)$  波長のリターダンスも、 $(m-1/2)$  および  $n$  波長のリターダンスも生じることはできず、逆も同じである。平行分割素子に対しては、 $(m+1/2)$  および  $n$  波長のリターダンスが生じた場合には、同一の波長では、 $(m+3/2)$  および  $(n+1/2)$  波長のリターダンスも、 $(m-1/2)$  および  $(n-1/2)$  波長のリターダンスも生じることができず、逆も同じである。

これらのフィルタにおいて、サイドロープ振幅の割合は、中央および分割素子の間の残差リターダンス(residual retardance)の兆候(サイン)のみに依存す

る。すなわち、下記式の場合である。

$$(\Gamma_{SE}/2 - \Gamma_c) = -1/4 \quad T_1 > T_2$$

および

$$(\Gamma_{SE}/2 - \Gamma_c) = +1/4 \quad T_1 < T_2$$

ここで、 $T_1$  および  $T_2$  は、図 8 に示すとおり、サイドロープの振幅である。一般に、対称的なサイドロープは同一の振幅、 $T_1 = T_{-1}$  および  $T_2 = T_{-2}$  を有する。所望の相対的なサイドロープ振幅は、光源原色帯域に関係するゼロのスペクトル配置に依存する。ゼロ波長は、解像度および材料の複屈折分散に依存する。

必要に応じて、サイドローブバランスを改善するために、ゼロ次リターダンスの色度を補償するために2つの方法がある。一つの方法は、中央および分割素子の相対設計波長をシフトすることであり、これは、相対リターダンスをシフトすることと同等である。これは、非対称の阻止条件（緑に対立するものとして、青または赤）がある場合に、最も好適である。2つめの方法は、リターダンスにおける相違を補償するため、異なる複屈折分散を有する材料を使用することである。例えば、残差リターダンスが負の場合、分割素子のために、より分散する材料が使用されるべきである。残差リターダンスが陽の場合、中央リターダに、より分散する材料を使用されるべきである。

サイドローブ振幅のアンバランスは、多くの実施例において有益であることに言及されるべきである。いくつかの設計において、光源スペクトルにより適合した阻止特性を達成するため、サイドローブ振幅がさらにアンバランスであることが望ましい。このような場合について、具体的なカラー偏光子設計に関してさらに説明する。

分割素子カラー偏光子によって生成されたスペクトルは図8の代表するスペクトルを用いてまとめる。一般に、加法混合原色スペクトル（A P S）は、中央波長 $\lambda_0$ および解像度FWHM =  $(\lambda_R - \lambda_B)$ における、ピーク透過率 $T_0$ を有する通過帯域によって表される。これと対比して、減法混合原色スペクトル

（S P S）、逆は、ノッチ(notch)によって表される。ノッチに近接した高い透過率の相対広域帯域は、補色の減法混合原色に一致する。

中央通過帯域に近接して、より高く、より低次であり、これは、それぞれ、青／赤のリークの発生を避けるために、可視外（または可視光源発光から離して）に配置されなければならない。これらの次数による光透過はA P Sを脱飽和する。換言するなら、スタック設計を平易にすることに関して、次数間のスパンは飽和カラーを生成する最小帯域幅とすべきである。

特別な設計によって、各極大は、一連のゼロおよびサイドローブにより分離される。ゼロ波長の配置は、図8に示される。A P Sのゼロは、S P Sのピークに一致するので、臨界ゼロ波長を有する光源スペクトルに整合させるために注意を

払わなければならない。 $T_1 (=T_{-1})$ および $T_2 (=T_{-2})$ で表される、サイドローブの振幅を最小値にするのが望ましい。

#### 分割素子 赤／シアン

R／C分割素子カラー偏光子は、単一リターダを超えて、飽和度およびスループットにおいて著しい改善が行われた。阻止帯域において、一つのゼロ（単一リターダ）から3つという多くのゼロへの増加は、高い赤透過率および優れた飽和度の両方を供給する。青／緑に比較してリターダンスの変化が緩やかな赤においてもかわらず、分散性の材料を用いた、青／緑での広域阻止と同様に、急勾配な遷移スロープが達成可能である。リターダンスの選択は、複屈折分散、ピーク透過波長、および最も近い（緑）ゼロ波長に、最も大きく依存する。しかしながら、赤／緑遷移帯域のスロープは、より高次から青のリークによって最終的に制限される。

表6～表8は、分散のない材料について、リターダンスの上限（青リークは影響ない）を示している第6表は、9つの赤／シアン設計を示し、そのうちの5つは、直交分割素子を有する。直交分割素子設計は、半波長中央リターダンスと同一視できる。低リターダンス分割素子は、緑での許容阻止 (acceptable blocking) を可能とするために、より長い中央設計波長を有する。高リターダンス分割素子は、青リークを最小にするため、より短い中央設計波長を有する。サ

イドローブ振幅を減少するため、中央素子および分割素子の設計波長間の比較的大きな差違を、低リターダンス設計に使用した。示されるとおり、これは、ピーク透過率を減少するという悪影響を及ぼす。次数が増大するにつれて、設計波長における差違は、より大きいピーク透過を与えて、減少させることができる。全ての実施例において、いくつかの設計波長の差違はサイドローブ振幅をバランスとるために使用される。低リターダンスに対して、少なくとも一つの（広げられた）ゼロが存在し、極大リターダンスで多くても3つのゼロが存在する。特定の中央および分割素子リターダンスに対する設計波長の差違は、単一設計波長を用いたリターダンスにおける差違と同等に説明することができる。サイドローブとゼロを適応するためにリターダンスを調整する場合、リターダンスの変化は一般

に $\pi/4$ より小さい。

図14は、表6の設計4を用いたR/Cカラー偏光子の加法混合原色スペクトルを示す。図15は、実際のR/C分割素子カラー偏光子減法混合原色スペクトル(図15a)および加法混合原色スペクトル(図15b)の測定透過率を示す。スタックは、NRFリターダフィルムおよびニットー(Nitto)G1225偏光フィルムで製造した、直交分割素子を用いた単一分割素子設計である。

#### 分割素子 緑/マゼンタ

対称阻止必須条件のため、最高の単一リターダ設計がG/Mフィルタであるが、分割素子設計を用いることにより、さらに重要な改善が実現される。単一リターダ手法において、特に、分散性の材料を用いた場合、緑の帯域の解像度の増大は、青拒絶(rejected)帯域を過度に狭くする。これは加法混合原色帯域の脱飽和、および減法混合原色帯域、特に青のスループット損失を示す。換言すると、分割素子緑帯域の解像度の増大は、減法混合原色帯域を有する2つの原色のそれぞれの帯域幅を広げる。分割素子の極大間の広い阻止帯域幅のため、緑解像度での広いレンジを得ることができる。分割素子が、単一リターダを用いて可能なスペクトル(2つまたはそれより少ない可視ゼロ)より良くないスペクトルを提供する際に、結局、低解像度限界(limit)が生じる。高解像度限界(limit)は、中央ステージFSRが不十分で青のリークを容認する際に生ずる。これらの範囲内で、リターダ次数のレンジ、または解像度は、複屈折分散に大きく依存する。

青での3つの波長ゼロおよび赤での3つと同じだけの波長ゼロが、緑をマゼンタから分離するために得ることができる。一般に(分散のない材料について)、最大解像度は、より高次極大による青のリークが原色を脱飽和し始めるときである。非分散性(non-dispersive)材料を用いた、合計12の設計を、表7に示している。設計波長 $\lambda_0 = 545\text{ nm}$ が、任意に選択された。全実施例において、分割素子および中央ステージの設計波長は、同一で、100%の理論的ピーク透過率を与える。他の潜在的な損失からリターダスタックの効果を区別するため、理想的な中性偏光子を想定した。

表7は、12の分割素子設計の特性を示す。非分散材料を用いて、低解像度限

界(limit)は、分割素子リターダンスが2.5波長より小さくなるように見える。この解像度を用いると、一つ(全波長中央リターダ)、または二つ(1.5波長中央リターダ)の青のゼロを伴って、単一の赤のゼロが存在する。高解像度限界は、6.5波長の分割素子リターダンスでは、青の次数が約420nmのところに生じる。ここには合計5つのゼロが存在し、最後の赤のゼロは、設計波長よりわずかに低い700nmより下に現れるであろう。解像度の対応する範囲は、2.5波長の分割素子リターダンスに対して104nm FWHMであり、

6.5波長の分割素子リターダンスに対しては、38nm FWHMである。

図16に基づいて作った設計6は、具体的な分割素子G/Mカラー偏光子である。スペクトルは適度の解像度(70nm FWHM)および良好に位置したゼロを有する。2つの青のゼロは、赤において十分に存在する単一のゼロを、効果的に阻止すること許容する。また、隣接するサイドローブ振幅は、適度に低い(3.4%)。

分散性の材料が使用されると、著しく相違するスペクトルが得られる。複屈折分散は、青および赤の帯域の阻止帯域幅間のアンバランスを形成する。例えば、1.5波長の分割素子リターダンスのみを用いたポリカーボネートPRSは、赤のゼロを与えないが、2つの青のゼロを生成する。一つの赤のゼロが最初に生じる場所の低解像度限界は、2.5波長の分割素子リターダンスに一致する。高解像度限界は、およそ4.5波長で生じ、そこでは青の次数が418nmで現れる。解像度での対応する範囲は、2.5波長の分割素子リターダンスに対して82nmであり、4.5波長の分割素子リターダンスに対して45nmである。

図17は、平行検光子を用いた設計4に基づく、緑/マゼンタカラー偏光子の測定透過率を示す。分割素子は、NRFリターデーションフィルムとニットー(Nitto)G1225偏光子とを用いて組み立てた。非分散材料を用いた設計4より、解像度がかかなり高いことに注目してほしい(図16)。減法混合原色スペクトルのスループットは、加法混合原色スペクトルのサイドローブ振幅と密接に結びついていいる。サイドローブの相対振幅は、分割素子および中央リターダの相対位相遅れに依存する。分割素子リターダンスが、中央リターダンスの2倍より小さい場合

、通過帯域に直接隣接するサイドローブは、残りの2つより小さい。分割素子リターダンスが、中央リターダンスの2倍より大きい場合、通過帯域に直接隣接するサイドローブは、残りの2つと比較して抑圧されている。相対リターダンスにおける最終的な選択が光源特性に依存するが、これは最も有望な魅力的な設計である。

#### 分割素子 青／黄色

高品質の青／黄色分割素子カラー偏光子の作製における試みは、緑および赤での十分な阻止を供給しながら、広い青透過帯域を得ることである。R／Cカラー偏光子の場合において、通過帯域の最も急勾配の遷移スローブは、赤および緑の原色の間を現れる。これは、広い赤透過および効果的な緑阻止という望ましい結果を与える。換言すると、B／Yカラー偏光子は、青および緑帯域の間に最も浅い遷移スローブを有する。従って、緑および青の原色の適切な分離を供給する場合、青帯域の解像度は過大になる。逆に、これは黄色の飽和度の低下 (degradation) を示す。この状態は大きい複屈折分光を有する材料にとってはかなりよくない。実施例は、二重分割素子 (double-split-element) の利益が最も実感できるもの示している。

二重分割素子リターダスタックは、中央リターダ、内側の一对の分割素子リターダ、および外側の一对の分割素子リターダを具備する。内側分割素子リターダは、互いに平行または直交とすることができ、これは外側分割素子リターダも同様である。以下の実施においては、分割素子リターダの両方の組は、直交している。

8つの分割素子B／Y設計は、表8に示すように、単一の二重分割素子に加えて、非分散材料について考察した。設計3は、許容できる低解像度 (FWHM = 7.8 nm)、低サイドローブ振幅、および550 nmでの最初のゼロを生成した。設計1および2は、広い遷移帯域を有するが、緑のゼロを生成することはできなかった。設計3は、より狭い遷移帯域に加えて、設計4よりわずかに低い解像度という利点を有するが、赤におけるサイドローブ振幅がかなり大きい。設計5～8は許容できるが、青の帯域幅はますます狭くなっている。このような設計は

、かなり限定された青のパワースペクトルを有する光源スペクトルに対して最も好適である。図18は、設計4に対する加法混合および減法混合原色スペクトルを示す。

二重分割素子は、より短い波長でのリターダンスの増大に対する補償を提供する。設計は、青から緑への狭い遷移帯域幅を有する、広い青の通過帯域を許容するため、青において緩やかに変化する透過関数を許容する。基本のアプローチ

は、青での通過帯域よりむしろ、緑でのノッチを有する急勾配の青-緑遷移スロープを生成することである。これは、青-緑遷移スロープと過大な青の解像度との間のトレードオフ（交換条件）を排除する。部分的には複屈折分散のために、ノッチの解像度が増大するにつれ、青の帯域は狭くされるよりむしろ拡開される。事実、二重分割素子は一般に、直交分割素子を有する単一の分割素子によって生成されたノッチ透過関数を含んでいる。二重分割素子を用いると、ノッチスペクトルは、直交または平行の偏光子間の単一リターダに対する透過関数によって、さらに調整される。これは、青を透過し、赤を拒絶するという、低解像度透過関数である。この結果は、広い青透過関数および効果的な緑-赤阻止となる。

表8の設計9は、中央位相リターダに加えて、外側および内側分割素子リターダを与える。この分割素子が、G/M分割素子（表7参照）の設計5の減法混合（マゼンタ）原色スペクトルを生成することに注目してほしい。次いで、赤は、直交偏光子間の第1次数の青の半波長リターダの透過関数によって拒絶される。この結果、所望の97nm FWHM、カットオフ波長496nm、および550nmの第1のゼロとなる。図19は非分散材料を用いて本設計の透過関数を示す。

図20は、サンリツ(Sanritzu)LLC2-5518SF 偏光子上に、ニットー(Nittto)NRFポリカーボネートリターデーションフィルムのスタックを用いて組み立てた、B/Y二重分割素子の測定減法混合原色スペクトルを示す。このスペクトルは、偏光子の特性により、赤より緑の透過が小さいことを示す。前後表面によるフレネル(Fresnel)損失が存在し、赤における89%透過の可能性を示している。図で見られるとおり、青の透過がかなり低い。青ノッチの帯域幅での低下は、リタ



ーデーションフィルムの分散に起因する。

#### PRS使用システム

##### 受動カラーセパレータおよびコンバイナ

PRSがカラー偏光スプリッタを用いて形成された場合、相反するカラーセパレータおよびコンバイナが形成される。図21は、2つのPRSスタック20および21、中性偏光子10、および2つの偏光スプリッタ30および31を用いた三色セパレータを示す。白色光は、B/YおよびR/Cスタックを用いて、偏光加法混合原色帯域に変換される。同様に、光源70、71および72がそれぞれ放射する加法混合原色の光は、第22図の構成を用いて、単一の白色直線偏光状態に結合することができる。

##### 二色シャッタ

PRSは相補的であるので、R/C、G/M、またはB/Yの間の変調(modulation)を提供するのに好適である。カラーシャッタは、PRS構造を、静的検光子以前の偏光スイッチである、スイッチャブル(可切替)偏光子などの能動偏光セパレータと結合することにより形成される。2色スイッチのブロック図を図23aに示す。カラー偏光子は、中性偏光子10およびリターダスタック20を具備する。偏光セパレータは、偏光スイッチ90および検光子15を具備する。

PRSと共に使用されるスイッチャブル偏光子は、理想的には、0度および90度配向の間の変調を行うことができる、中性偏光子の機能を具備する。ゲストホストダイクロイック45度チルトFLC偏光子、または2つの偏光子オンデマンド構造(polarizer-on-demand structure)は、この機能を有する。代わるものとして、中性偏光子より以前の偏光切替素子は何れも、効果的なスイッチャブル偏光子である。一般に、好適なスイッチは、ゼロ次リターダンス(ほぼ色消し)による半波長変調、低電圧および電力消費、広い視野、低挿入損失、ミリ秒からサブミリ秒切替、および低コストで広開口へのスケーリングを達成するものである。

ネマティック液晶切替手段は、均質(homogeneous)、 $\pi$ -セル、ツイスト、スーパーツイストデバイス配置を含む。また、プッシュプルセルなどの切替機能

を改善するための複合（コンパウンド）素子もまた、好適である。スメクテック液晶スイッチは、 $SmA^*$ （常誘電体（paraelectric））、 $SmC^*$ 、歪らせん強誘電体（distorted helix ferroelectric）、反強誘電体

（antiferroelectric）、およびアキラル強誘電体（achiral ferroelectric）デバイスから製造することができる。 $SmA^*$ 、 $SmC^*$ は、均一に整列させ、または表面を安定させることができる。具体的な強誘電体液晶切替手段は、 $0$ および $\pi/4$ の間で配向で切り替わる、均一に整列した $22.5$ 度チルト $SmC^*$ 半波長デバイスである。スイッチは、LC材料に限定されず、真の電気光学効果デバイス、圧電性（ピエゾ電気の）または電気機械式スイッチを含んでもよい。これらは偏光または偏光回転子（ローテータ）をもたらすリターダとなることができる。

ゼロ次半波長スイッチの欠点は、色度に起因して、可視（ $400 \sim 700 \text{ nm}$ ）の全体に亘って有効なスイッチングを行うことができないことである。より色消しの偏光スイッチングを行う複合素子、特に一つの能動デバイスだけを条件とするものは、性能を著しく改善する。2つの低チルト強誘電体液晶（FLC）スイッチの組み合わせは、強化された変調を提供し、また、より色消しの偏光スイッチングを製造する。色消し回転子は、一つの電界極性（field polarity）で、セルの光学軸が直交し、逆の電界の適用で軸が反対方向に傾斜するという配置で形成される。しかしながら、ステージ毎に2つのセルが必要であり、費用、複雑さ、および透過率の低下が増大する。

より好ましいアプローチは、色消しスイッチングを達成するため、単一の能動素子を受動リターダと組み合わせることである。このような構成は、1つまたは2つの半波長リターデーションフィルムをFLC半波長リターダと組み合わせることによって形成することができ、複合色消しスイッチを生成する。色消し半波長偏光スイッチは、その全体を参照するためにここに組み込まれる、1995年4月7日出願された米国特許出願第08/419,593号に説明されている。色消し半波長スイッチの一実施形態は、図24に示される。スイッチ90は、FLC半波プレート92を具備し、FLC半波プレート92は、 $5\pi/12$ と $8\pi/12$ との間で切替え可能な配向を有し、 $\pi/12$ で配向している能動半波長板93および

94の間に配置されている。スイッチ90の複合リターダンスは、半波長であり、複合配向は、0および $\pi/4$ の間で切り替わる。換言すると、3つの素子は共に、0および $\pi/4$ の間で切替え可能な単一の回転可能半波長板と同様になる

が、色消しリターデーションを有している。静的偏光子15と組み合わせた偏光スイッチ90は、スイッチャブル偏光子として機能する。複合配向が0のとき、偏光はスイッチによって変調されず、x-偏光が透過される。合成配向が $\pi/4$ のとき、y-偏光は反転してx-偏光になって透過される。色消し半波長偏光スイッチは、対称構造であり、透過および反射の両方で色消しスイッチングを許容する。また、一般に、これらのスイッチは、可視カラー変化(variation)を生成することができる能動素子のリターダンスにおける空間的变化(variation)に対する補償を与える。

図24は、分割素子スタック20を有するFLC複合色消し偏光スイッチ90を使用した二色シャッタの配置を示す。分割素子スタックは、中央リターダ51および分割素子リターダ61および62aを具備する。

上述した二色スイッチは、加法混合原色および補色の減法混合原色の間を切り替える。変調されたデバイスは、2つの加法混合原色の間で、または2つの減法混合原色の間で切り替えることができる。2つの加法混合原色間での切替のため、カラー偏光子は、減法混合原色出射を有する2つの加法混合原色の一つを阻止する受動フィルタと組み合わせる。この阻止は、色素タイプ、多層スタック、または偶数のPIF光学フィルタなどの任意の受動フィルタを用いることにより達成することができる。入射偏光子の後に配置される、適当に配向された多色カラー偏光子は、阻止フィルタとして機能することができる。阻止フィルタは、能動スイッチの前、後、または内部に配置することができる。表9には、2つの加法混合原色の出射を供給する、能動フィルタおよび阻止フィルタの組み合わせを記載する。

2つの減法混合原色を供給するため、2つの減法混合原色に共通である加法混合原色を非偏光または非検光のままとする。これを達成するため、図23のスイッチの偏光子10および/または偏光子15を、中性の偏光子の代わりに多色カ

ラー偏光子とする。多色偏光子は特定の波長帯域においてのみ偏光子として機能する。例えば、青色偏光子は、赤および緑の光を偏光させるが、青を非偏光のままとする。この特性を有するカラー偏光子は何れも使用することができる。偏光子 1 0 に多色偏光子が配置されると、一般の加法混合原色は入射の際に偏光さ

れない。したがって、この光はリターダスタックまたは偏光スイッチによって影響を受けず、両方の切替状態で透過される。偏光子 1 5 に多色偏光子が配置されると、青の光は入射の際に偏光され、リターダスタックおよび偏光スイッチによって操作されるが、それにもかかわらず、切替状態の両方において透過される。なぜなら、その光は出射偏光子によって検光されないからである。両方の偏光子 1 0 および 1 5 を多色カラー偏光子とすることができ、一般の加法混合原色が非偏光で通過するのを許容する。スタックは、残りの 2 つの加法混合原色を直交する方向に偏光するように設計されなければならない。表 1 0 に挙げるように、2 つの補色のカラー偏光子に基づいて、各スタックに対して 2 つの選択肢がある。例えば、シアン／マゼンタシャッタを提供するためには、一般の加法混合原色は青で、多色カラー偏光子も青である。残りの 2 つの加法混合原色は赤および緑であり、これらは赤／シアンスタックまたは緑／マゼンタスタックの何れかによって、直交する方向に偏光することができる。

#### フルカラーシャッタ

2 つの P R S カラーシャッタが多段にすると (cascaded)、フルカラースイッチングを実現することができる。図 2 3 b は、4 つの出射帯域を提供する、2 ステージ構成のブロック図を示し、4 つのうち 3 つは加法混合原色 (R G B) で 4 つめがオフ状態である。フルカラーシャッタは、第 1 のスイッチャブル偏光子 (9 0 および 1 5) を有する第 1 のカラー偏光子 (1 0 および 2 0) を具備し、これは第 2 のカラー偏光子 (1 1 および 2 1) および第 2 のスイッチャブル偏光子 (9 1 および 1 5) が多段に結合されている。注目する点は、特定のステージを通過する伝搬方向が重要ではないことである。従って、何れのステージも透過スペクトルに変化を与えることなく逆に交換できることである。例えば、素子 9 0 および 2 0 が交換可能である。 R / C、G / M、および B / Y P R S カラー偏

光子の如何なる組み合わせも、三原色を生成するために使用することができる。加法飽和度が交互のステージでの阻止によって得られるが、2つの原色は、カラー偏光子の加法混合原色として直接生成される。3番目の色は、2つの減法混合原色スペクトルの結果物として生成される。4番目の色、オフ状態は、

2つの加法混合原色スペクトルの結果物を示す。PRSの優れたカラーコントラストのため、4番目の状態は、ハイコントラスト、オフ状態とすることができる。これは、遷移帯域が重ならないことを保証するため、加法混合原色、赤および青のうち最も広く分離された2つを用いることにより、最適に達成される。赤および青の原色は、それぞれ、R/CおよびB/YのPRS構成によって提供される。さらに、オフ状態のコントラストは、偏光子を90度だけ変調または効果的に変調する能動ユニットに対して最適化される。

好適な実施形態においては、色消し複合偏光スイッチが使用される。改善された色飽和度に加えて、最高の光学濃度オフ状態が、色消し偏光スイッチの使用により得られる。図25は色消し偏光スイッチ90および91を使用した2ステージシャッタの一実施形態である。このフィルタは、一方のステージには、B/Yの二重分割素子カラー偏光子を有し、他方のステージには、R/Cの単一分割素子カラー偏光子を有する。

方形波プロファイルを用いたネットワーク合成によって設計された2ステージカラーシャッタを図26に示す。リターダは、リターダンスを有し、上部に記載された設計波長および下部に記載された配向を有する箱として示す。2つの配向の間を回転するFLC偏光子の場合は、2つの配向の間にカンマを入れて分離している。リターダスタック20および21は、それぞれ、B/YおよびR/Cカラーを有し、ネットワーク合成方形波プロファイル設計に基づいている。個々のカラー偏光子スペクトルは、それぞれ図5および図7に示した。スタックは、B/Yスタックに対して600nmの設計波長を、R/Cスタックに対して643nm設計波長を有する、ニットー(Nitto)NRZポリカーボネートリターダで構成した。偏光子10、15および11は、ARコーティングを有するニットー(Nitto)G1225DU偏光子である。偏光スイッチ90および91は、ニットー(Nitto)NRF500n

m半波長リターデーションフィルムと組み合わせた500nm半波長FLCセルで構成した。

図26の設計の実験的に測定した出射スペクトルを、図27に、(a)青、(b)および(c)緑の加法混合原色として示す。オフ状態は、図27dに示す。飽和度およびスループットは、全ての3原色に対して優れている。損失は、

ほとんど全てが、偏光子10、15および11に帰する。これらのスペクトルは、偏光した入射光で測定した。というのは、非偏光の入射光では透過率が半分であるためである。透過率を2で割った後、三原色通過帯域のピーク透過率は、平均で約40%となった。これは商業的に入手可能なフルカラーシャッタより約3倍良好である。

#### カラーディスプレイおよびカメラ

カラースイッチングフィルタは、カラービデオシステムを製作するためのビデオカメラまたはビデオディスプレイを製造するために、種々の構成と組み合わせることができる。このようなシステムは、黒および白だけのカメラまたはディスプレイを用いて、カラーオペレーションを達成することができるという利点を有する。したがって、シャドウマスクおよびRGB蛍光体トライアッド（三つ組）を有する3ビームCRTsが必要でなくなり、ビデオカメラおよびLCディスプレイにおけるRGBカラードットもまた同様である。本発明のシステムはまだ、さらに従来のシステムと同様に多くの異なる色が存在し、または感じられる。すなわち、全ての色が構成成分の混合物からなるベクトルとして構成できるので、フィルタの三原色帯域を限定する色空間領域に含まれる色は何れも、生成し、感じることができる。

図28aは、撮像光学素子(imaging optics)110およびレシーバ120を具備するモノクロカメラと組み合わせた、本発明のカラーフィルタ100を使用した多重スペクトルデジタルカメラを示す。撮像光学素子は、カラーフィルタの前方または後方の何れにも配置することができる。フィルタは、2色またはフルカラーシャッタの何れであってもよい。フルカラーフィルタは、フィールドシーケンシャルフルカラーカメラを提供するのに使用することができる。

カラーディスプレイシステムを、図 28 b~図 28 d に示す。これらは、モノクロディスプレイと組み合わせたフィルタ 100 を具備する。モノクロディスプレイは、電子放射(emissive)ディスプレイでも、または変調(modulator)ディスプレイであってもよい。電子放射ディスプレイ 130 (図 28 b) は、例えば、白色光を放射する蛍光体または蛍光体混合物を有する単一電子ビーム CRT とす

ることができる。電子放射ディスプレイの他の例としては、能動マトリックスエレクトロルミネサンス (AMEL) ディスプレイ、および電界放射(field emission)デバイス (FED) を挙げることができる。図 28 c の透過モード変調ディスプレイ(transmission-mode modulator display)は、バックライト光源 131 を有するマルチピクセルシャッタアレイを使用している。シャッタアレイは、アナログでもバイナリスイッチングでもよく、例えば、液晶ディスプレイ(LCD)とすることもできる。高いデータ転送速度のモノクローム LCDs は、高速ネマティック、DHF、または例えば SmC\* または SmA\* などの強誘電体液晶材料を使用することができる。図 28 d の反射モード変調器は、周囲光およびレフレクタ 140 と組み合わせたシャッタアレイを使用する。反射モードでは光はカラーフィルタを通った 2 つの受動を生成するので、対称カラーフィルタの半分を、フィルタ 100 として使用することができる。レフレクタは、モノクロームディスプレイを提供し、分離シャッタアレイの必要のないデジタルミラーデバイス 141 とすることができる。

フルカラーディスプレイには、3 原色のフィールドシーケンシャルディスプレイを使用する。フィールドシーケンシャルカラーディスプレイシステムに満足な画像(appearance)を持たせるために、三原色の画像は、視覚がそれらを全色に融合するに十分な速度で存在しなければならない。したがって、単一ディスプレイフィールドシーケンシャルシステムは、ちらつきを防止するため、90 Hz の最低フレーム速度が必要になる。同様に、フィールドシーケンシャルフルカラーカメラは、ビデオ速度でのカラー像を得るために 90 Hz のフレーミングを必要とする。フィールドシーケンシャルディスプレイは、シャッタアレイと同期して、フィルタを切り替えて連続で三原色状態を通過させる電子駆動手段を必要と

する。このような電子工学の設計および組立の技術は当業界でよく知られている。

シャッタレイおよびカメラリシーバは画素化（ピクセル化）された(pixelated)デバイスである。カラーフィルタ100の偏光スイッチもまた、画素化することができる。この一つの用途は、カメラまたはディスプレイが、所望のフレームニング速度で全てのフレームを記録または表示するのに十分に速い応答

時間を有していない場合のためである。この場合、カラーフィルタは、セグメント化して、一つのセグメントが記録または表示している間に、他のセグメントが次の色に連続して移動することができるようにすることができる。必要であれば、受動PRS光子自体は、画素化することができる。

PRSデバイスは、カラーおよび中性偏光子の間に挿入される多重ディスプレイ(multiple display)を使用する減法混合ディスプレイシステムに使用することができる。このようなシステムは、それぞれ特定の原色帯域で動作する、多段の(a cascade of)ディスプレイを用いてフルカラーを生成する。このように、フルカラーは、ビデオ速度白黒ディスプレイを用いて生成することができる。

本発明のPRSカラー偏光子は、上述の特別の実施形態を示している。これらの実施形態は設計考察およびカラー偏光子の性能を立証するものであり、発明の範囲および趣旨を限定するものではない。構成の十分な説明、設計方法、および最適化考察は、本発明のカラー偏光子の際限のない変更を当業者に実際に組み立てることを可能にするために、示されたものある。同様に、カラーシャッタを、当業者に知られている多数の偏光スイッチおよび液晶偏光スイッチのうちの数個を用いて説明した。本発明のカラーフィルタを応用して、ディスプレイおよびレコーダをピクセル化したものをここに示している。本発明のカラー偏光子およびカラーフィルタの他の用途と同様に、多くのディスプレイおよびレコーダの多くのより具体的な実施例が、当業者に明確に理解されるであらう。



表1. 5リターダ方形プロフィールR/C

リターダ 配 向	設計#			
	#1	#2	#3	#4
(1)	66.3	44.1	24.9	11.1
(2)	16.1	10.4	-9.5	12.6
(3)	-23.0	-46.5	21.7	-2.0
(4)	-27.7	-6.7	-37.2	-36.7
(5)	-15.4	-33.1	-53.7	-72.6

表2. 7リターダ方形プロフィールR/C

リターダ 配 向	設計#								
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9
(1)	-23.0	-4.0	-4.9	-0.8	-23.8	-4.1	-5.1	-0.8	-40.9
(2)	57.2	36.4	-47.3	8.3	56.6	37.2	48.0	8.5	-42.8
(3)	50.7	53.1	-4.2	18.1	52.1	55.8	-2.6	19.3	24.7
(4)	9.3	-13.7	16.8	18.9	12.2	-10.4	18.9	21.4	17.0
(5)	-17.1	-18.6	23.1	-3.8	-14.5	-16.3	26.6	-0.7	-4.5
(6)	-18.2	8.0	-44.1	-45.4	-16.8	9.8	-40.9	-43.5	46.1
(7)	-8.3	-45.9	-40.0	-77.8	-7.9	-44.8	-39.0	-77.4	-7.0

表3. ソルク (Solid) R/C

設計#	リターダンス (波長)	リターダ の数	構成	FWHM	$\lambda_3$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_B$	$\lambda_0$	$T_0$	$T_1$	$T_2$
1	1.5	2	折返し	121	-	-	487	580	650	100	-	-
2	1.5	3	折返し	102	444	488	541	599	650	100	1.2	1.2
3	1.5	4	折返し	86	428	487	566	610	650	100	4.3	4.3
4	1.0	2	扇形	125	-	-	452	575	680	100	-	-
5	1.0	3	扇形	107	-	447	514	594	670	100	1.2	1.2
6	1.0	4	扇形	109	-	429	532	592	650	100	4.2	4.2

表4. ソルク(Sorc) G/M

設計#	リターダンス (波長)	リターダ の数	構成	FWHM	$\lambda_3$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_0$	$\lambda_{-1}$	$\lambda_{-2}$	$\lambda_{-3}$	$T_0$	$T_1$	$T_2$
1	1.5	2	折返し	135	-	-	408	545	-	-	-	100	-	-
2	1.5	3	折返し	94	-	409	453	545	684	-	-	100	1.2	-
3	1.5	4	折返し	72	-	408	475	545	640	-	-	100	4.3	-
4	2.5	2	折返し	80	-	-	453	545	680	-	-	100	-	-
5	2.5	3	折返し	57	428	454	486	545	621	681	-	100	1.2	1.2
6	2.5	4	折返し	43	416	454	501	545	598	680	-	100	4.3	4.3
7	2.0	2	扇形	100	-	-	436	545	700	-	-	100	-	-
8	2.0	3	扇形	71	404	436	473	545	643	-	-	100	1.2	1.2
9	2.0	4	扇形	54	-	434	490	545	613	700	-	100	4.2	4.2
10	3.0	2	扇形	67	-	-	467	545	653	-	-	100	-	-
11	3.0	3	扇形	47	443	467	495	545	607	654	-	100	1.2	1.2
12	3.0	4	扇形	36	433	465	507	545	589	650	-	100	4.2	4.2

表5. ソルク(Sorc) B/Y

設計#	リターダンス (波長)	リターダ の数	構成	FWHM	$\lambda_0$	$\lambda_h$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$T_0$	$T_1$	$T_2$
1	1.5	2	折返し	90	430	440	641	.	650	100	.	.
2	1.5	3	折返し	76	440	481	552	660	650	100	1.2	1.2
3	1.5	4	折返し	59	450	482	528	671	650	100	.	4.3
4	1.0	4	扇形	89	450	499	479	.	680	100	.	4.2
5	2.0	2	扇形	83	450	495	598	.	670	100	.	.
6	2.0	3	扇形	58	450	481	531	600		100	1.2	1.2
7	2.0	4	扇形	45	450	473	507	594	650	100	4.2	4.2

表6. 分割素子R/C

設計#	SE リターダンス (波長)	C リターダンス (波長)	$\lambda_{sf}$	$\lambda_c$	FWHM	$\lambda_3$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_0$	$T_0$	$T_1$	$T_2$
1	1.5	0.5	650	750	131	-	-	488	572	95	8.5	-
2	1.5	1.0	680	630	117	-	420	510	586	96	6.4	-
3	2.5	1.0	630	670	120	-	447	525	582	97	6.5	4.5
4	2.5	1.5	650	630	107	406	473	542	594	98	6.2	14.5
5	3.5	1.5	630	650	85	441	488	551	594	98	6.9	5.0
6	3.5	2.0	640	630	81	448	504	560	600	99	6.1	13.2
7	4.5	2.0	610	620	63	458	496	549	582	99	7.7	4.7
8	4.5	2.5	620	610	62	465	508	558	589	99	8.1	9.5
9	5.5	2.5	600	610	51	472	508	550	578	99	6.0	6.8

表7. 分割素子G/M

設計#	SE リターダンス (波長)	C リターダンス (波長)	FWHM	$\lambda_3$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_0$	$\lambda_{-1}$	$\lambda_{-2}$	$\lambda_{-3}$	$T_0$	$T_1$	$T_2$
1	1.5	0.5	179	-	-	409	545	-	-	-	100	-	-
2	1.5	1.0	159	-	-	409	545	-	-	-	100	-	-
3	2.5	1.0	104	-	-	454	545	681	-	-	100	18.9	-
4	2.5	1.5	97	-	409	454	545	681	-	-	100	2.4	-
5	3.5	1.5	73	-	409	477	545	636	-	-	100	14.7	-
6	3.5	2.0	70	-	436	477	545	636	-	-	100	3.4	20.0
7	4.5	2.0	57	409	436	490	545	613	-	-	100	12.7	2.1
8	4.5	2.5	54	409	454	490	545	613	681	-	100	4.1	16.7
9	5.5	2.5	46	428	454	500	545	600	681	-	100	11.6	2.8
10	5.5	3.0	45	428	467	500	445	600	654	-	100	4.5	14.7
11	6.5	3.0	39	443	467	488	545	591	654	-	100	10.9	3.3
12	6.5	3.5	38	443	477	506	545	591	636	-	100	4.9	13.4

表8. 分割素子B/Y

設計#	SE リターダンス (波長)	C リターダンス (波長)	$\lambda_{SE}$	$\lambda_C$	FWHM	$\lambda_0$	$\lambda_A$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$T_0$	$T_1$	$T_2$
1	1.5	0.5	430	410	110	428	510	645	-	-	100	-	-
2	1.5	1.0	430	450	108	436	507	645	-	-	99	-	-
3	2.5	1.0	450	430	85	447	494	563	-	-	98	13.5	-
4	2.5	1.5	440	450	78	443	485	550	675	-	99	3.7	-
5	3.5	1.5	460	450	62	460	491	537	675	-	99	10.8	-
6	3.5	2.0	450	460	58	452	482	525	613	-	99	5.9	15.2
7	4.5	2.0	470	460	49	469	493	529	613	700	99	8.0	3.8
8	4.5	2.5	460	475	46	464	486	518	594	690	95	10.5	8.7
9	0.75 1.25	1.5	550	440	97	447	496	550	660	-	98	4.5	-

表9. 2加法原色シャッタ

設計#	能動フィルタ (透過色)	阻止フィルタ (透過色)	出力 (透過色)
1	赤/シアン	無し	赤/シアン
2	赤/シアン	黄	赤/緑
3	赤/シアン	マゼンタ	青/赤
4	緑/マゼンタ	無し	緑/マゼンタ
5	緑/マゼンタ	黄	赤/緑
6	緑/マゼンタ	シアン	青/緑
7	青/黄	無し	青/黄
8	青/黄	マゼンタ	青/赤
9	青/黄	シアン	青/緑

表10. 2減法原色シャッタ

出力	色素タイプ カラー偏光子	スタック
C/M	B	R/CまたはG/M
C/Y	G	R/CまたはB/Y
M/Y	R	G/MまたはB/Y



【図 1】

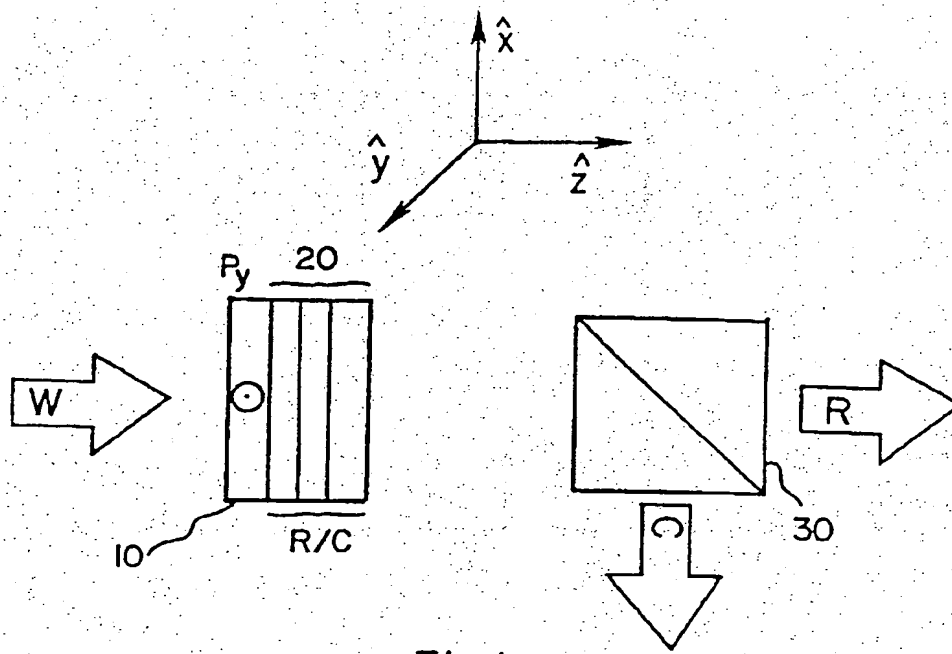


Fig. 1

【図 2】

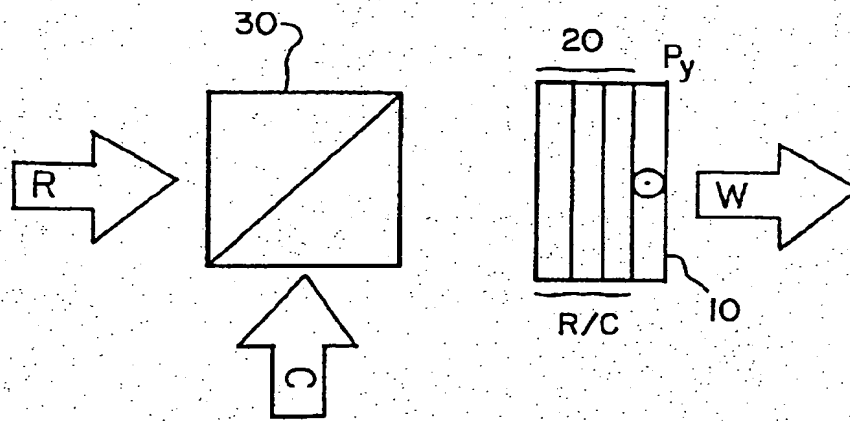


Fig. 2

【図 3】

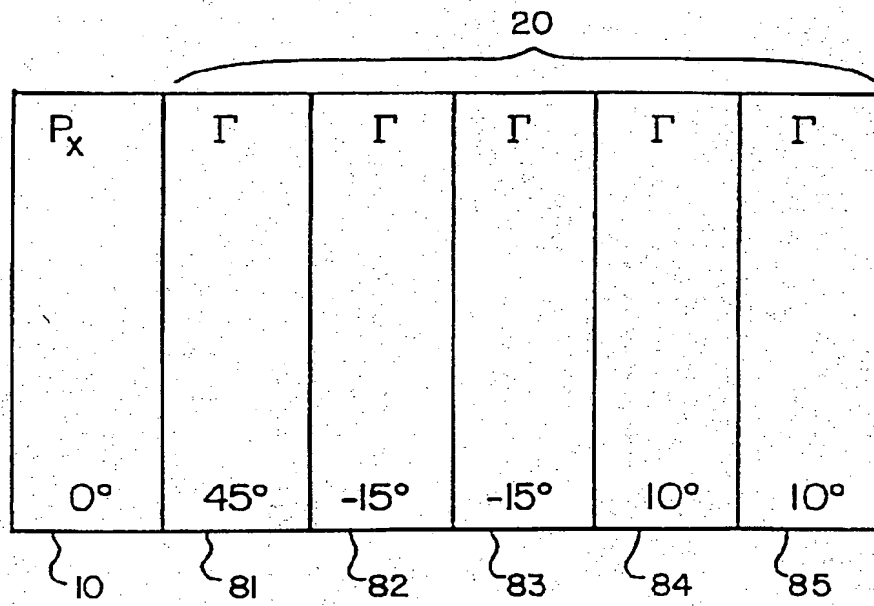


Fig. 3

【図 4】

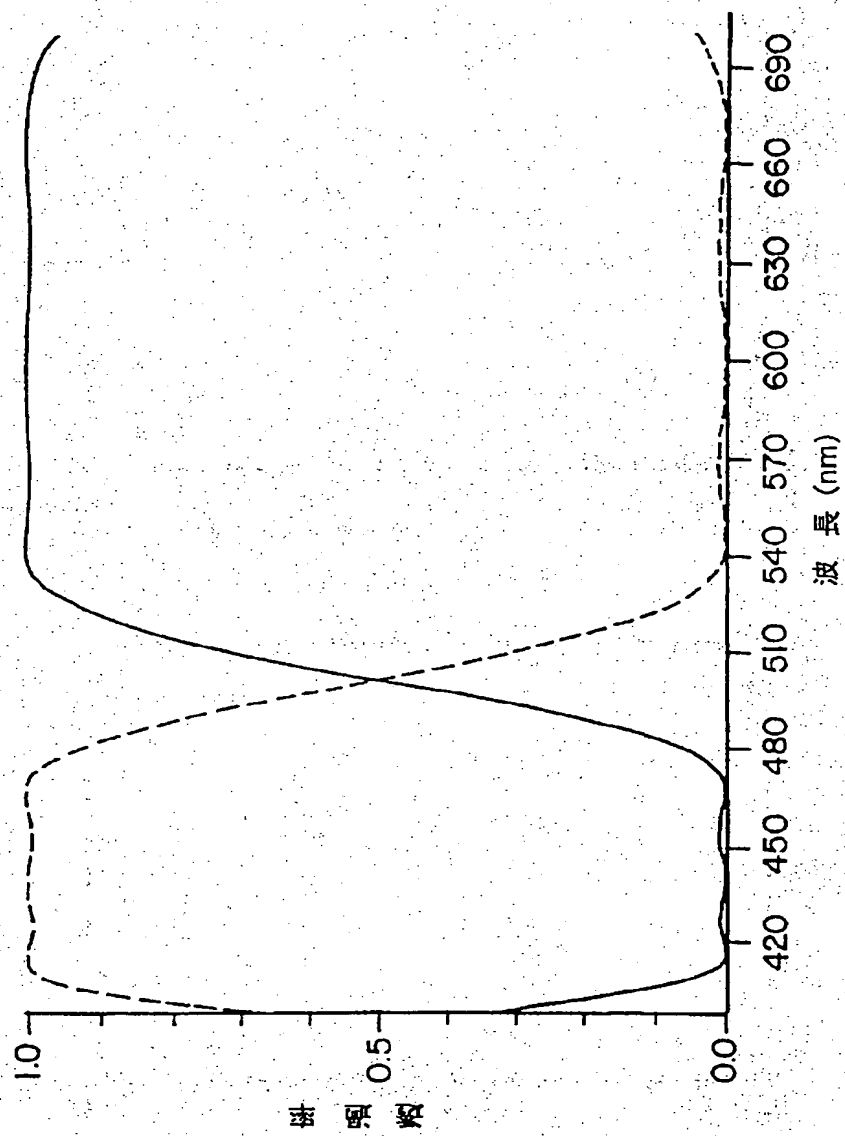


Fig. 4

【図5】

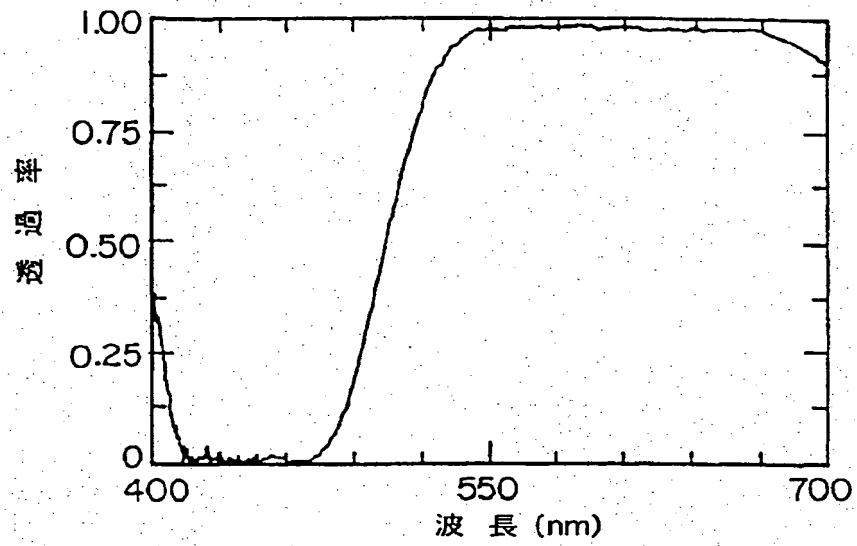


Fig.5a

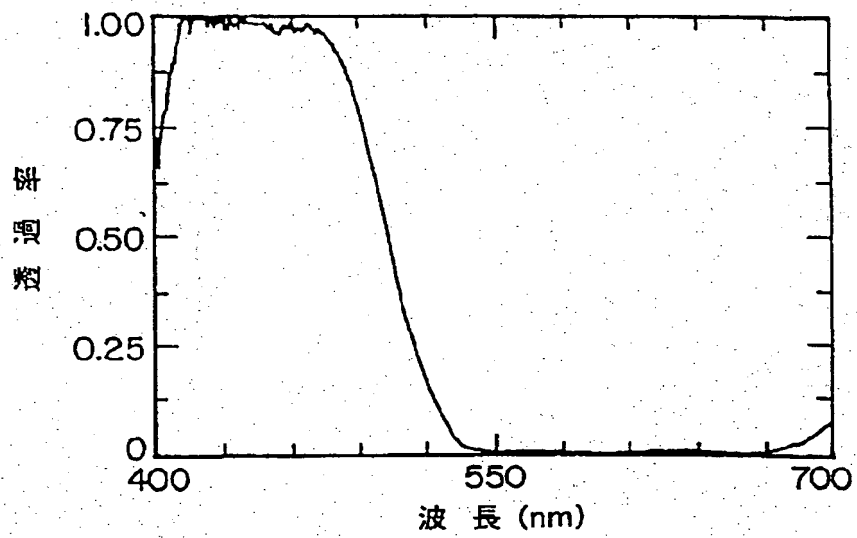
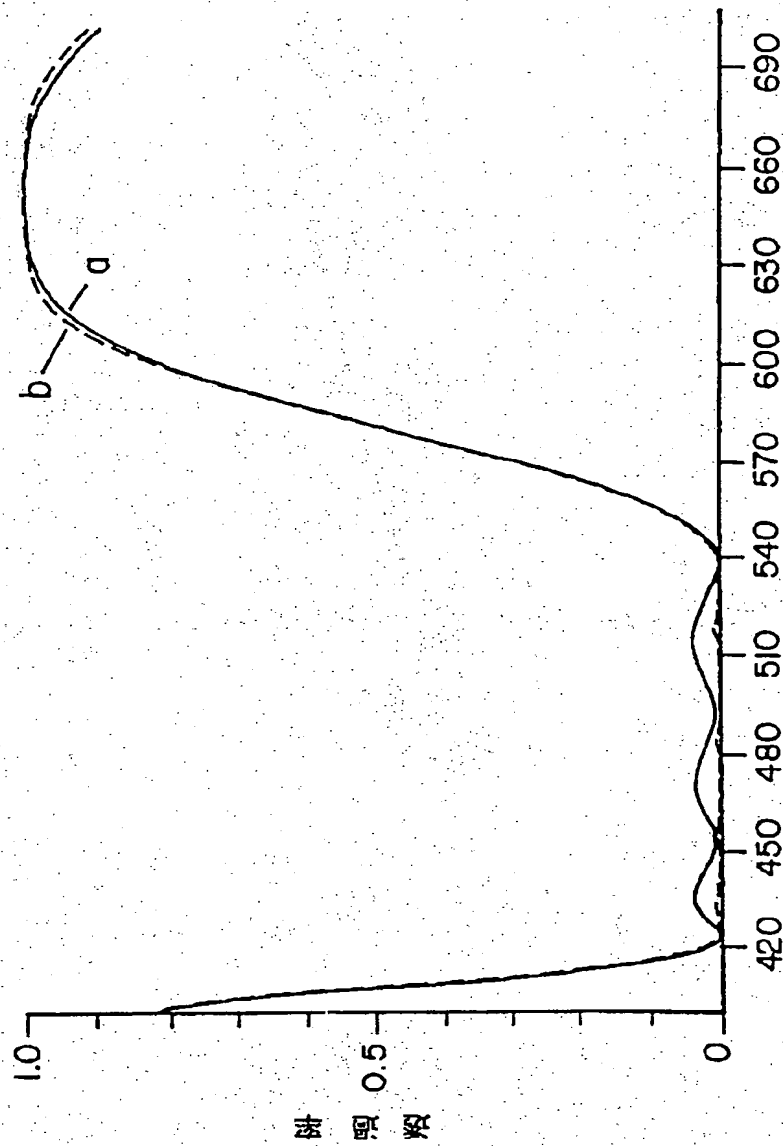


Fig.5b

【图6】



波長 (nm)

Fig. 6

【図 7】

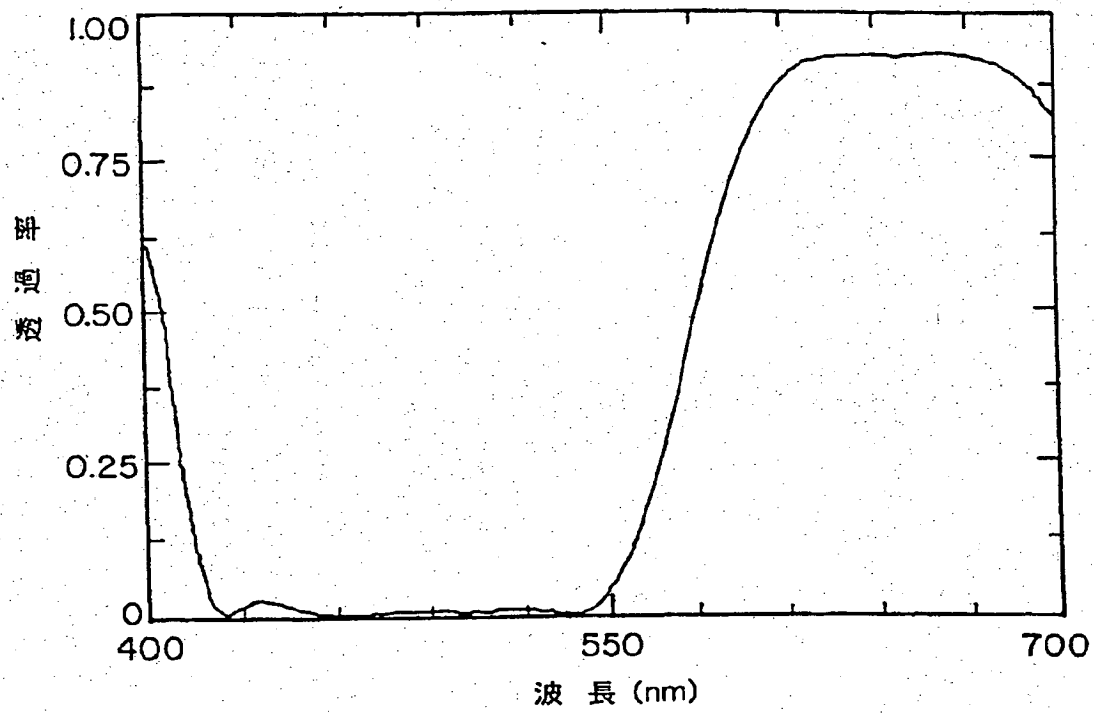


Fig. 7

【図8】

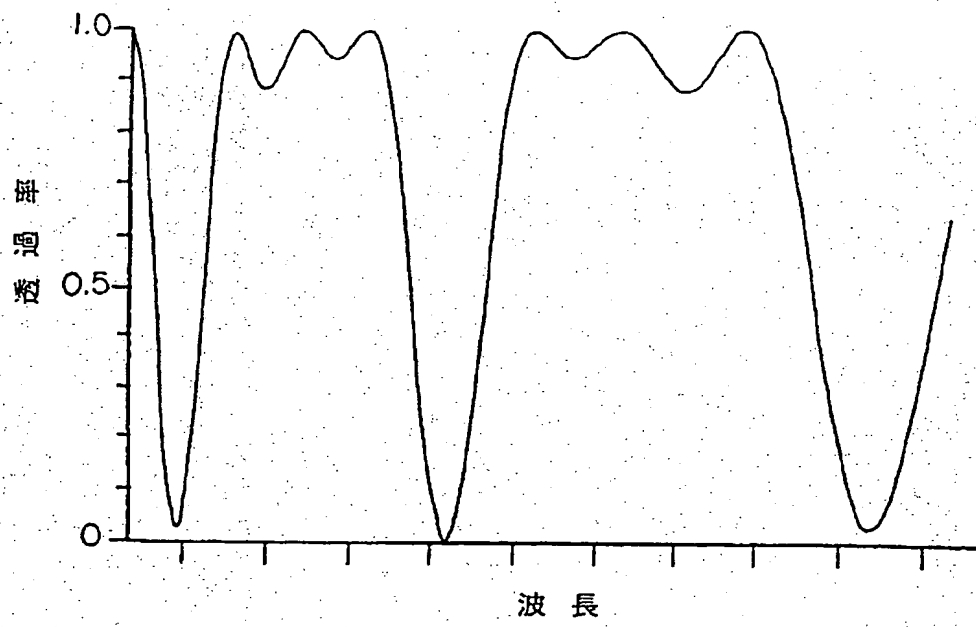


Fig.8a

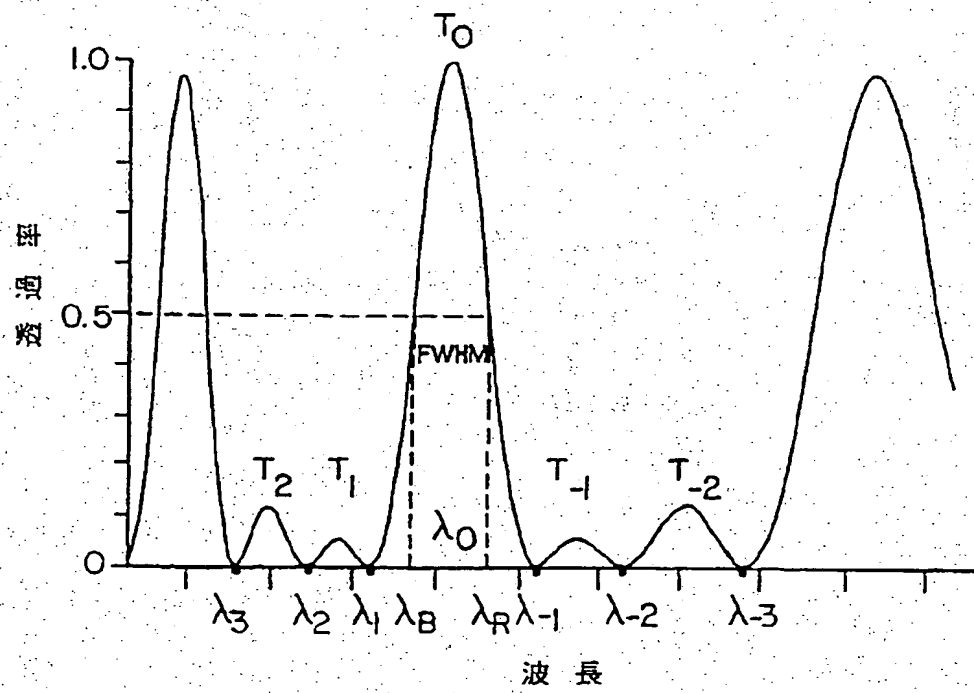


Fig.8b

【図9】

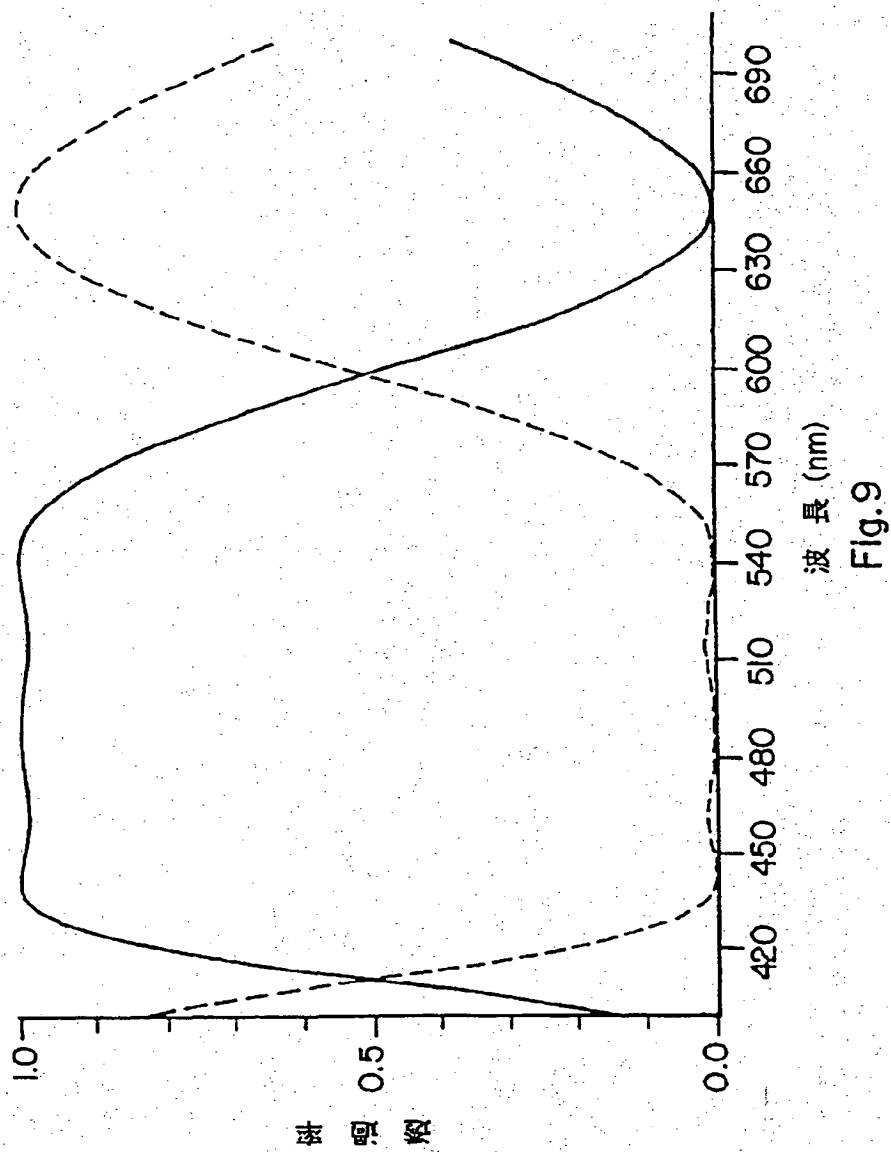


Fig. 9



【図 1.0】

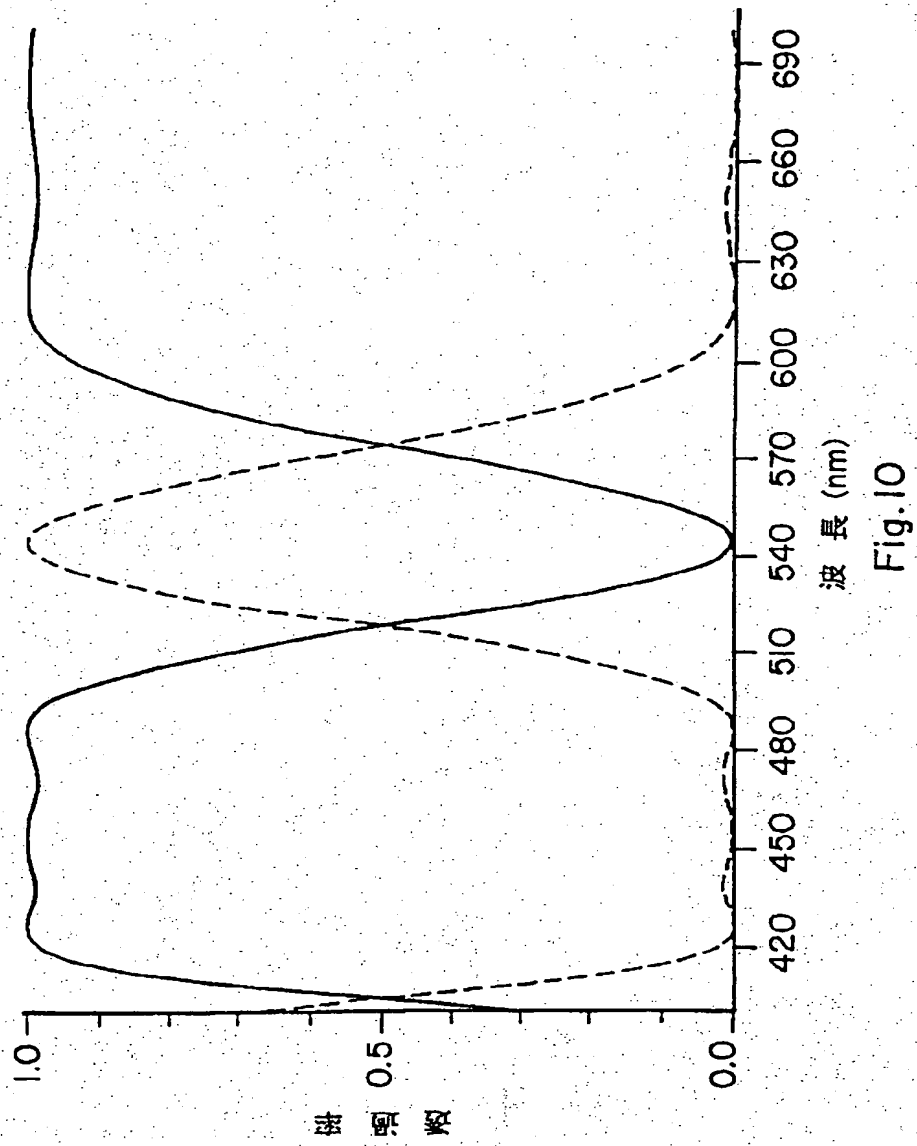


Fig.10

【図 11】

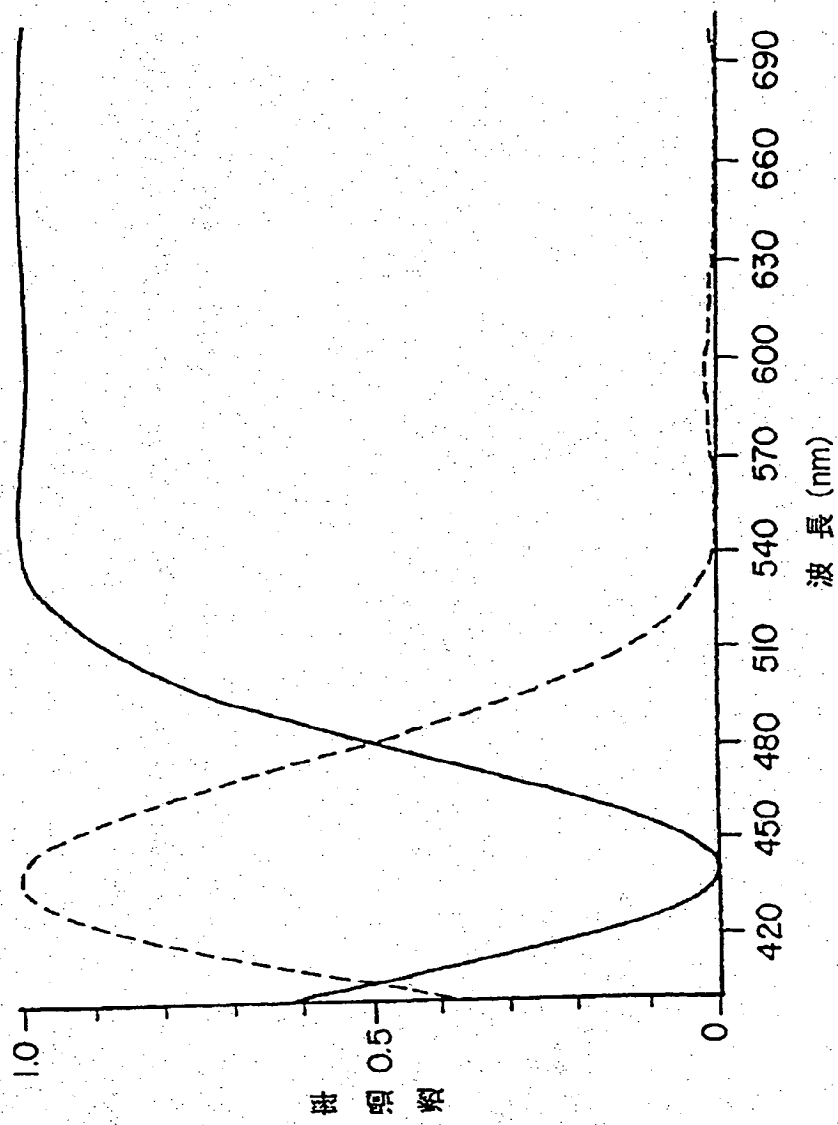


Fig. 11

【図 12】

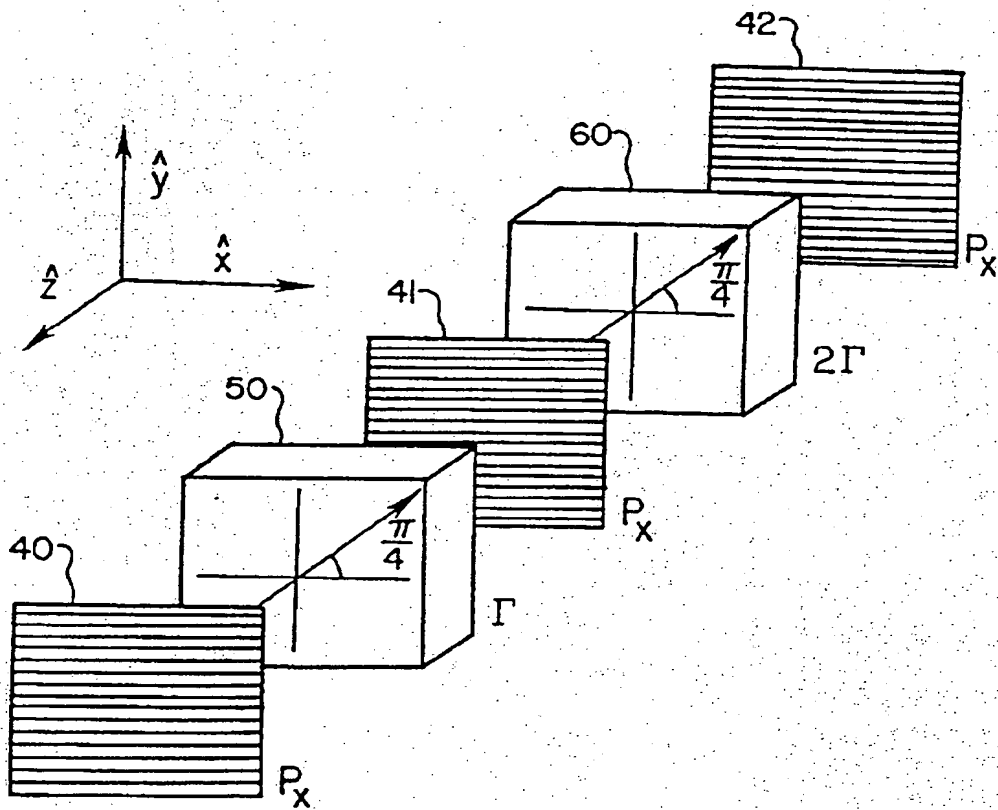


Fig. 12a

【図12】

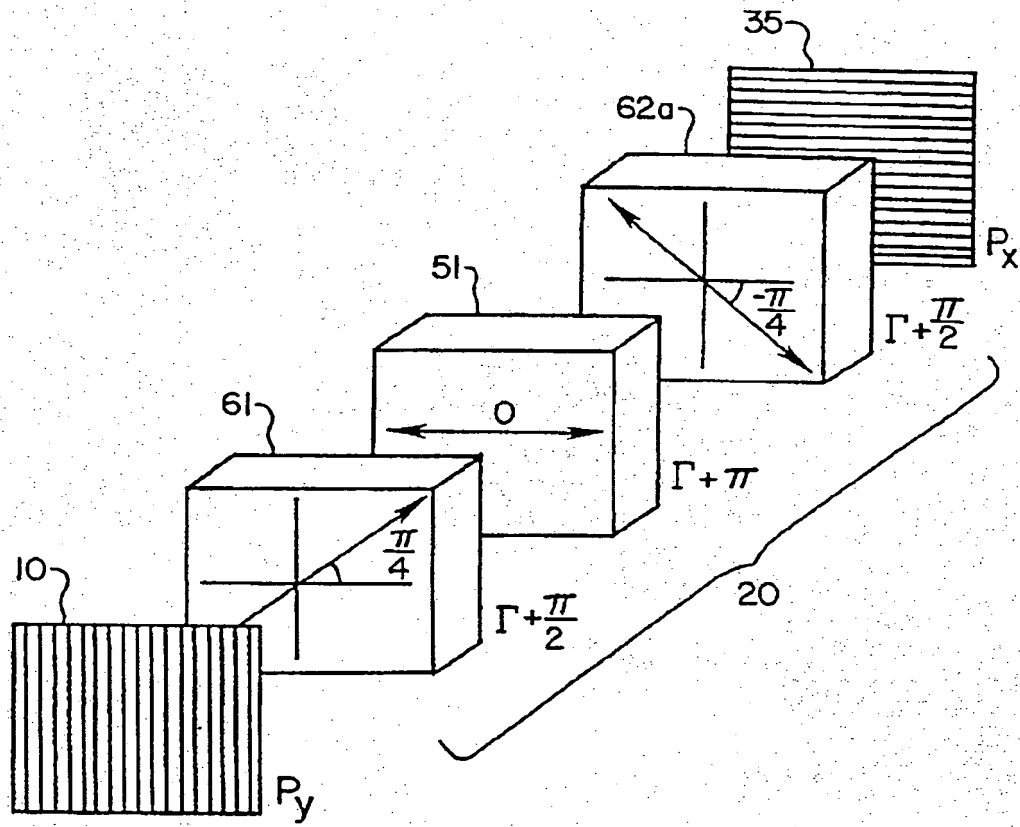


Fig.12b

【図 12】

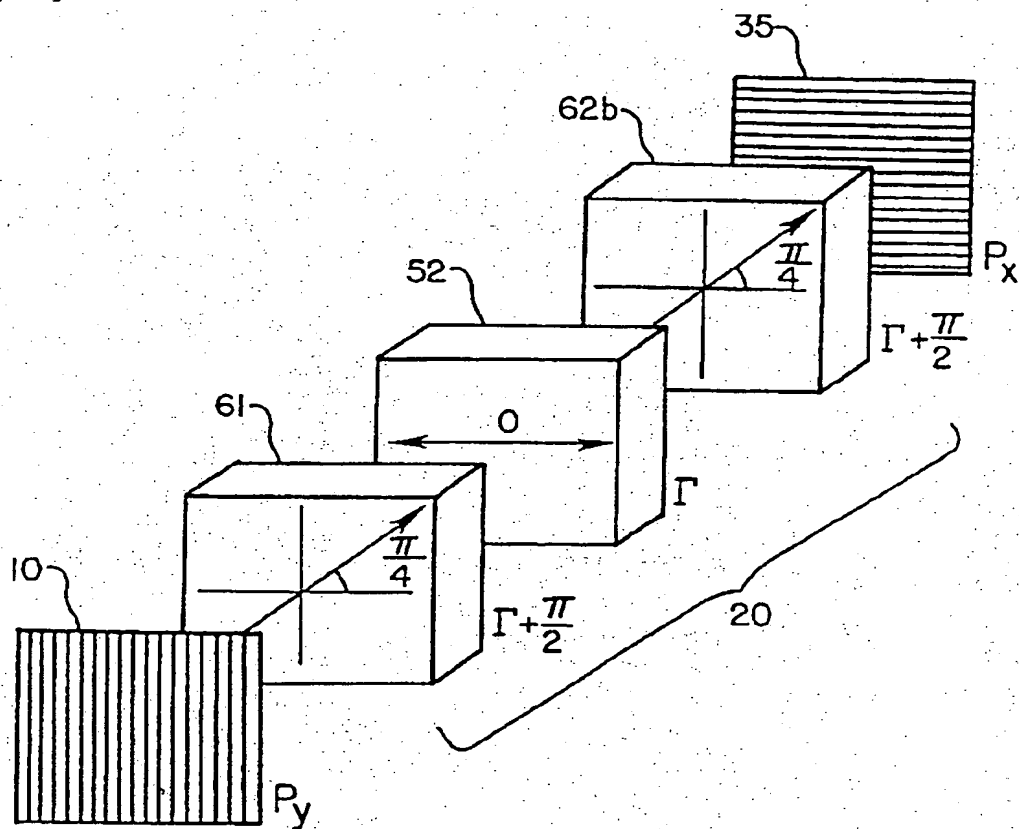


Fig.12c

【図 13】

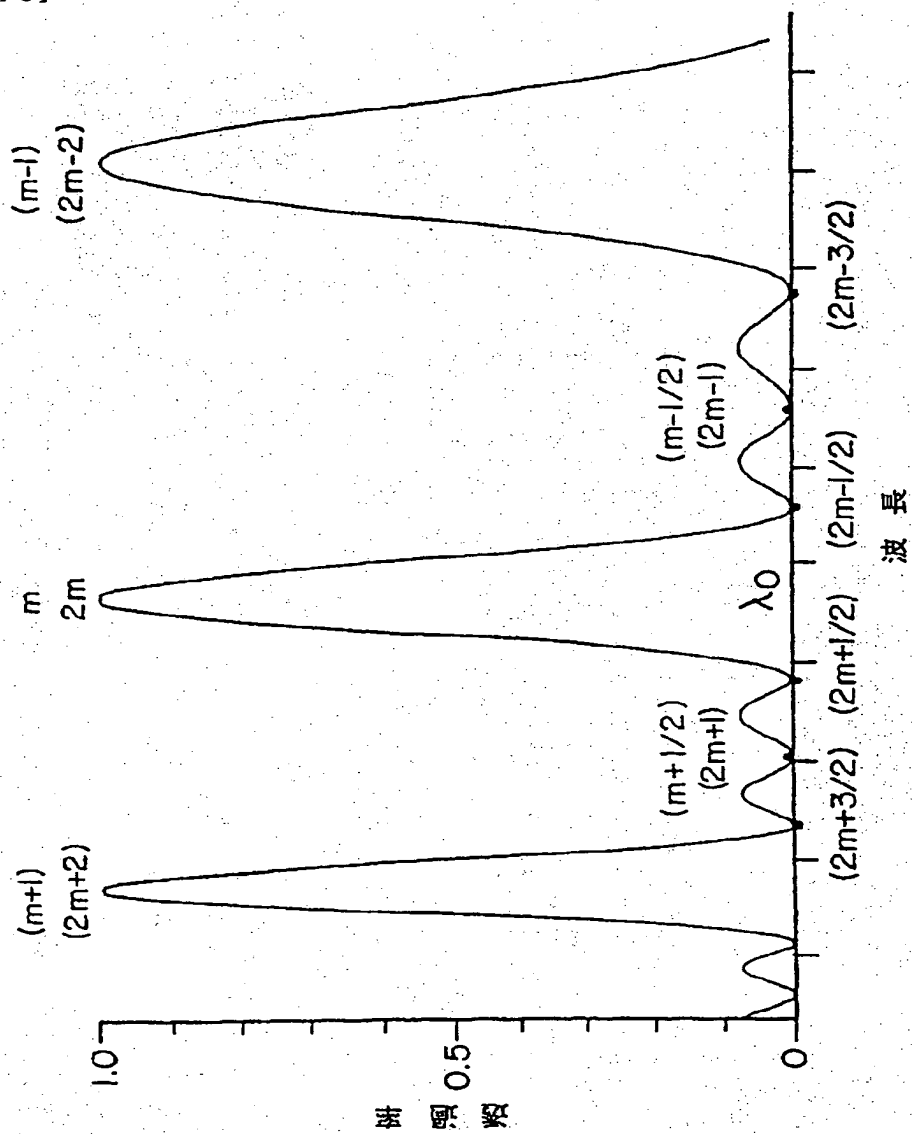


Fig.13a

【図 13】

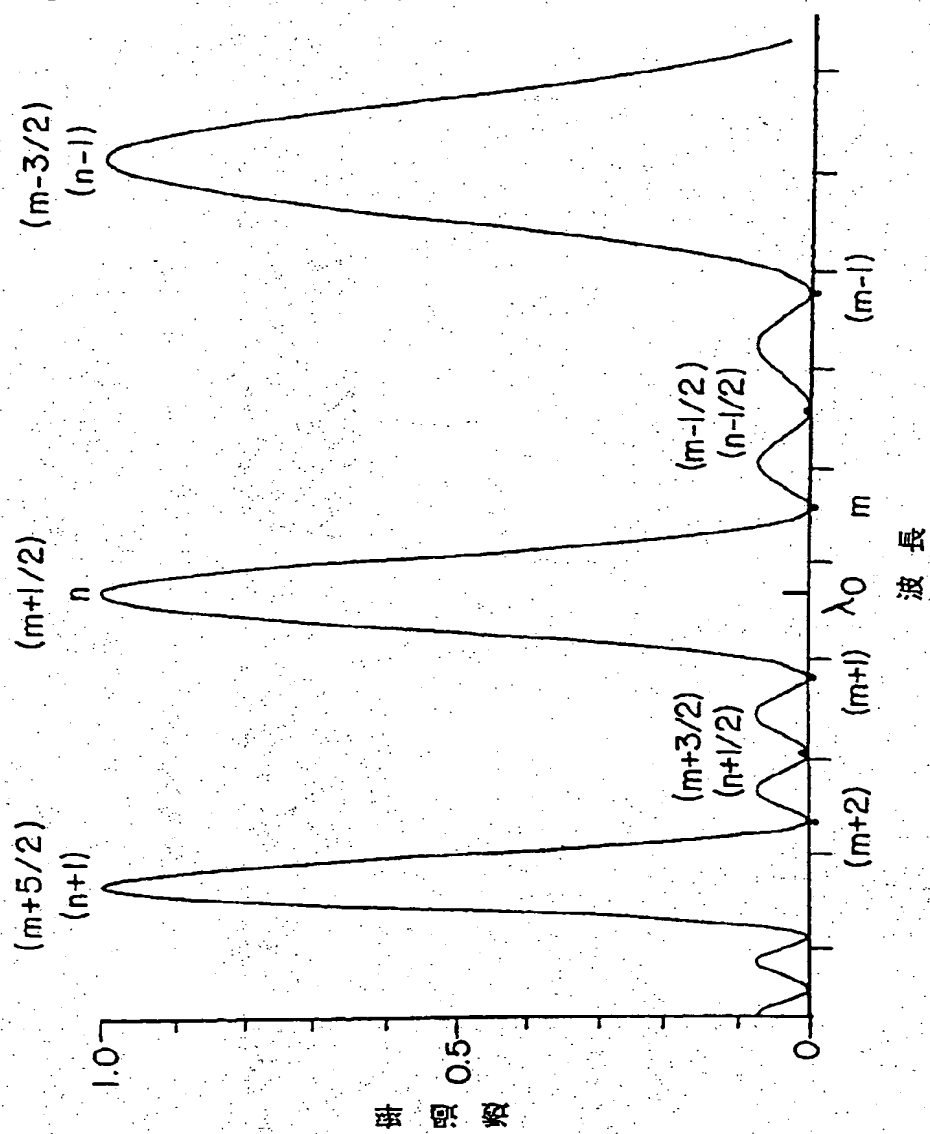


Fig. 13b

【图 13】

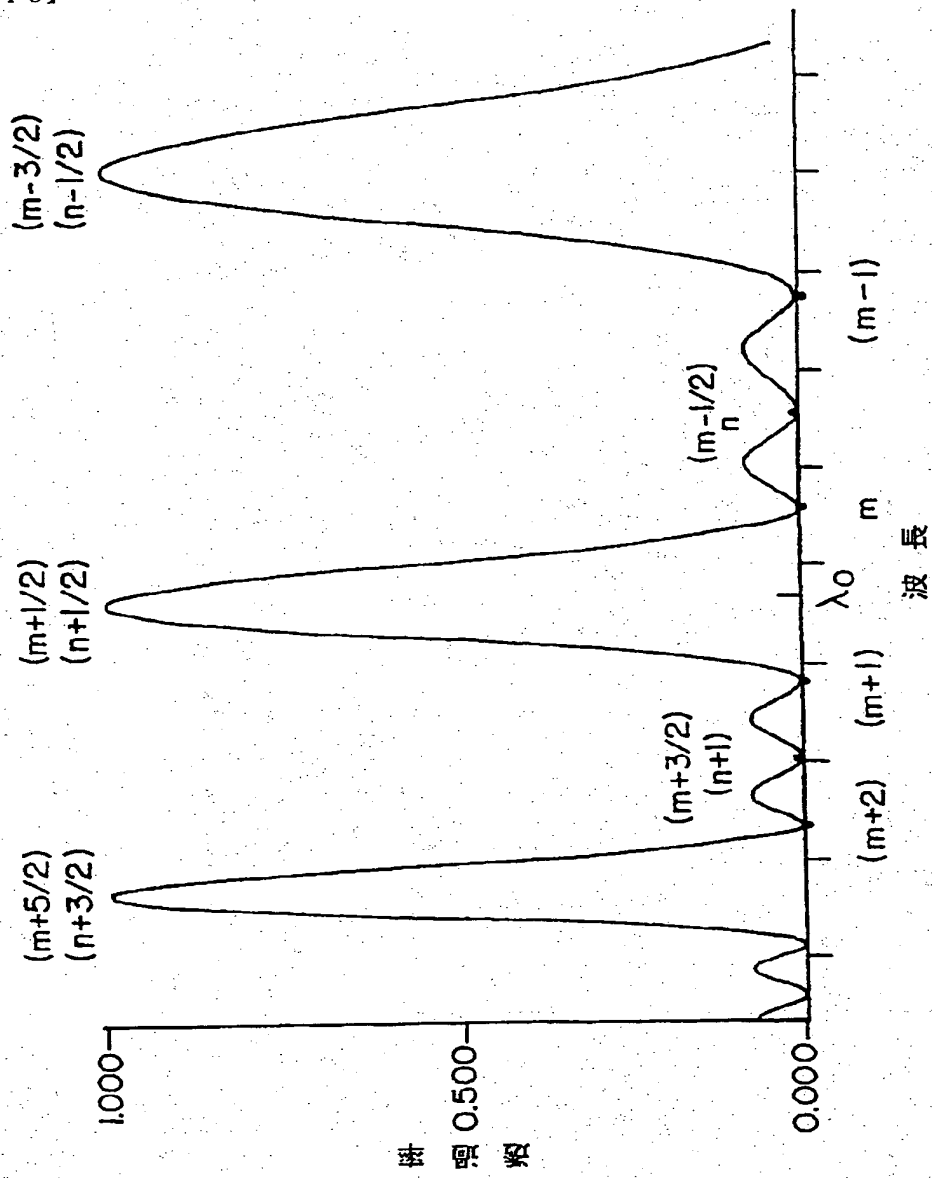


Fig. 13c



【図 1 4】

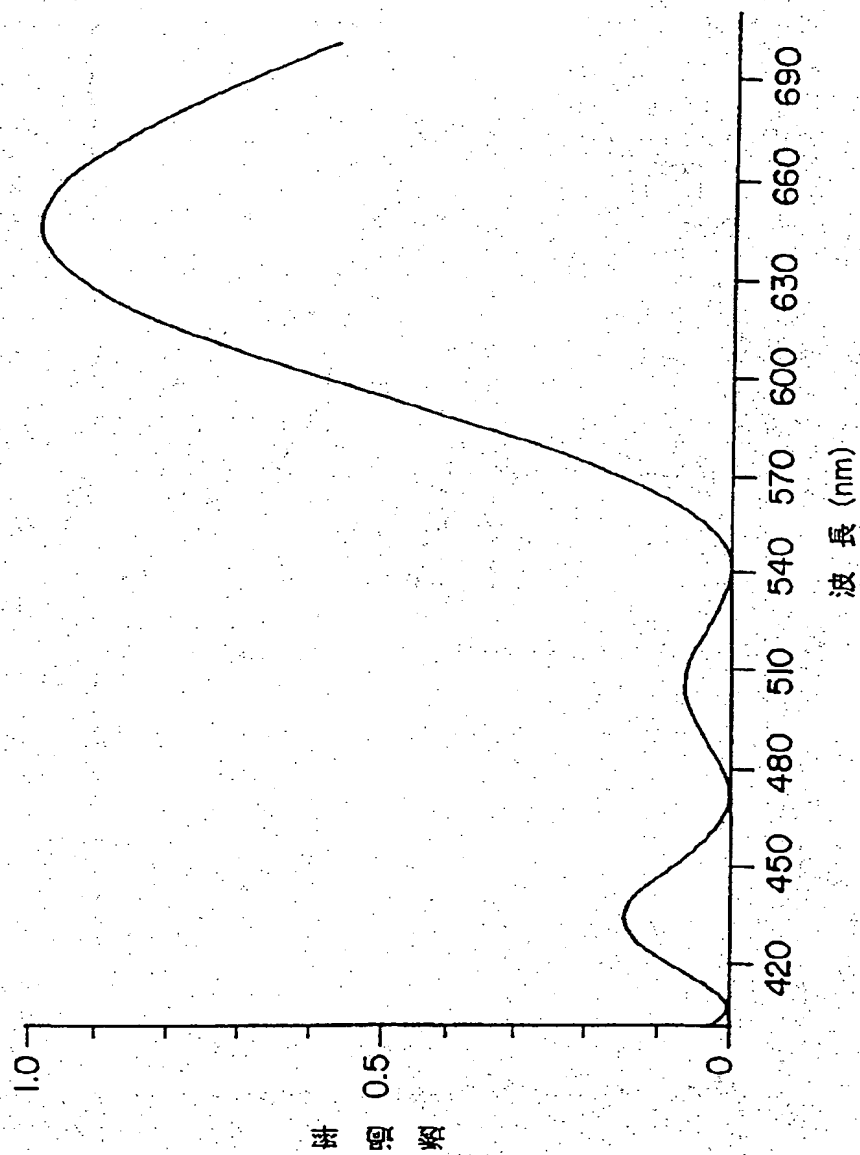


Fig. 14

【図 15】

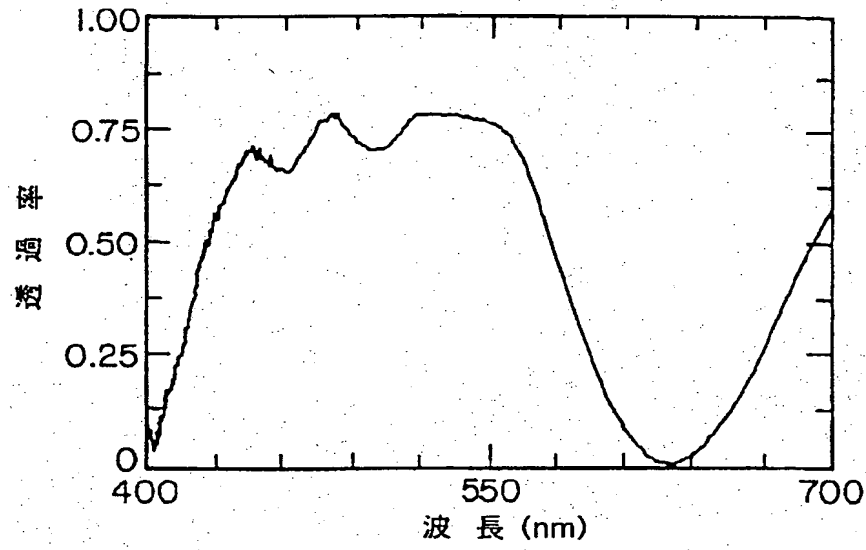


Fig.15a

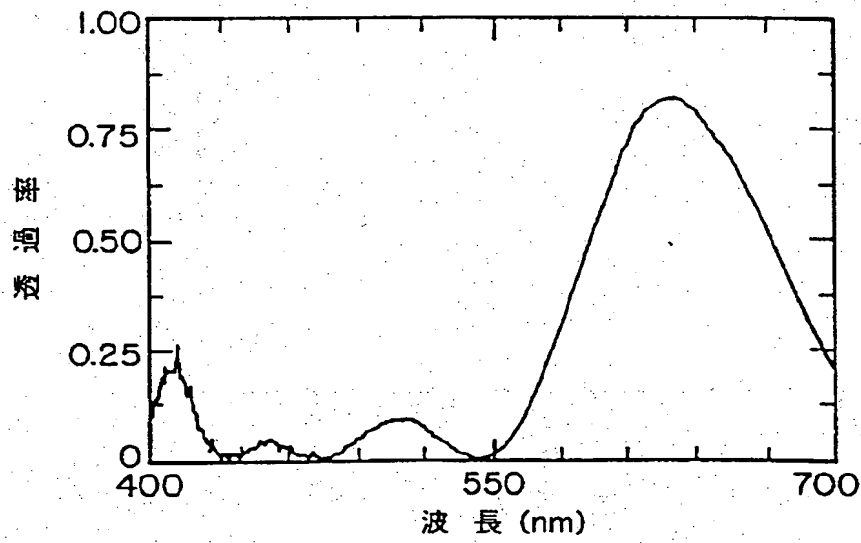


Fig.15b

【図 16】

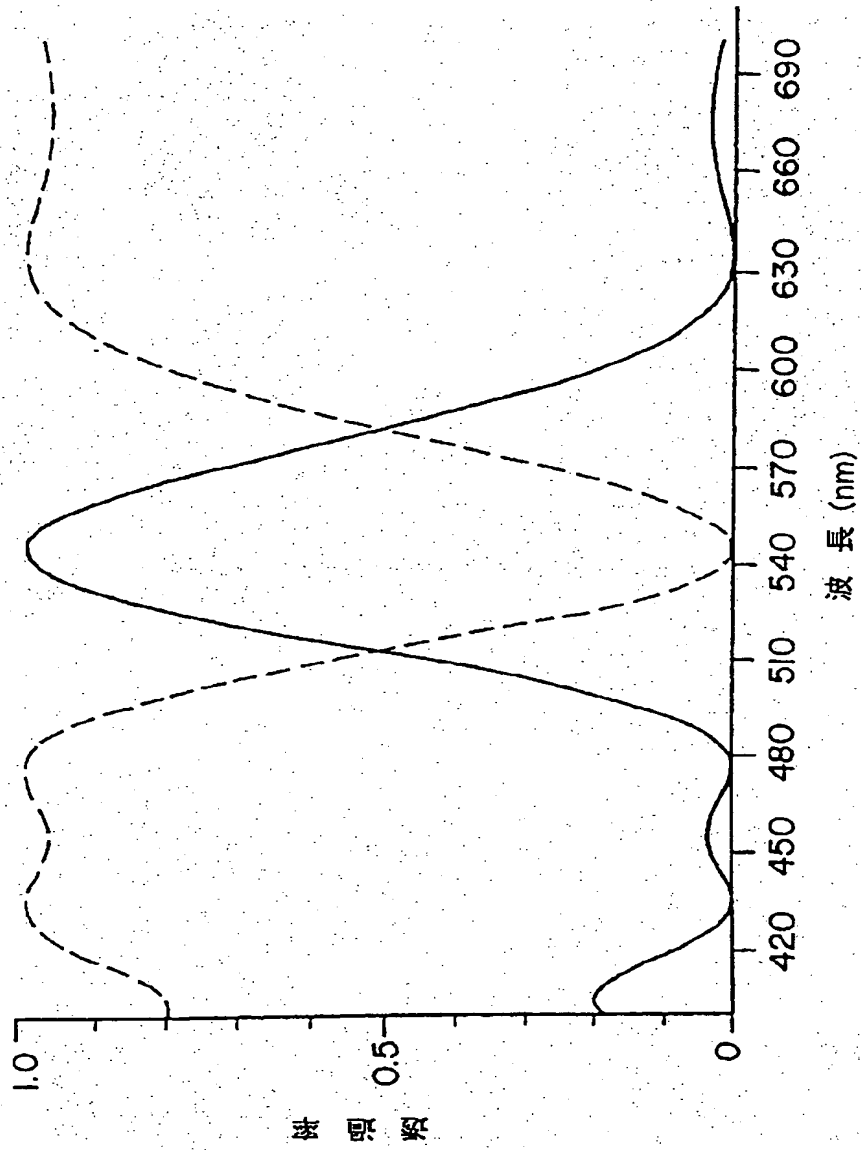


Fig. 16

【図17】

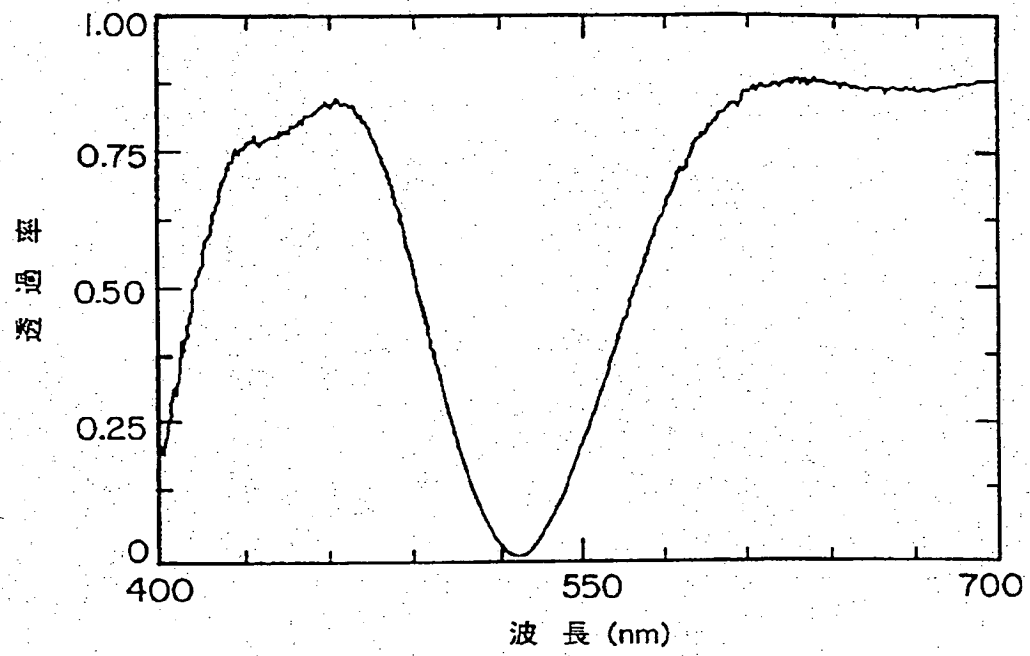


Fig. 17

【図 18】

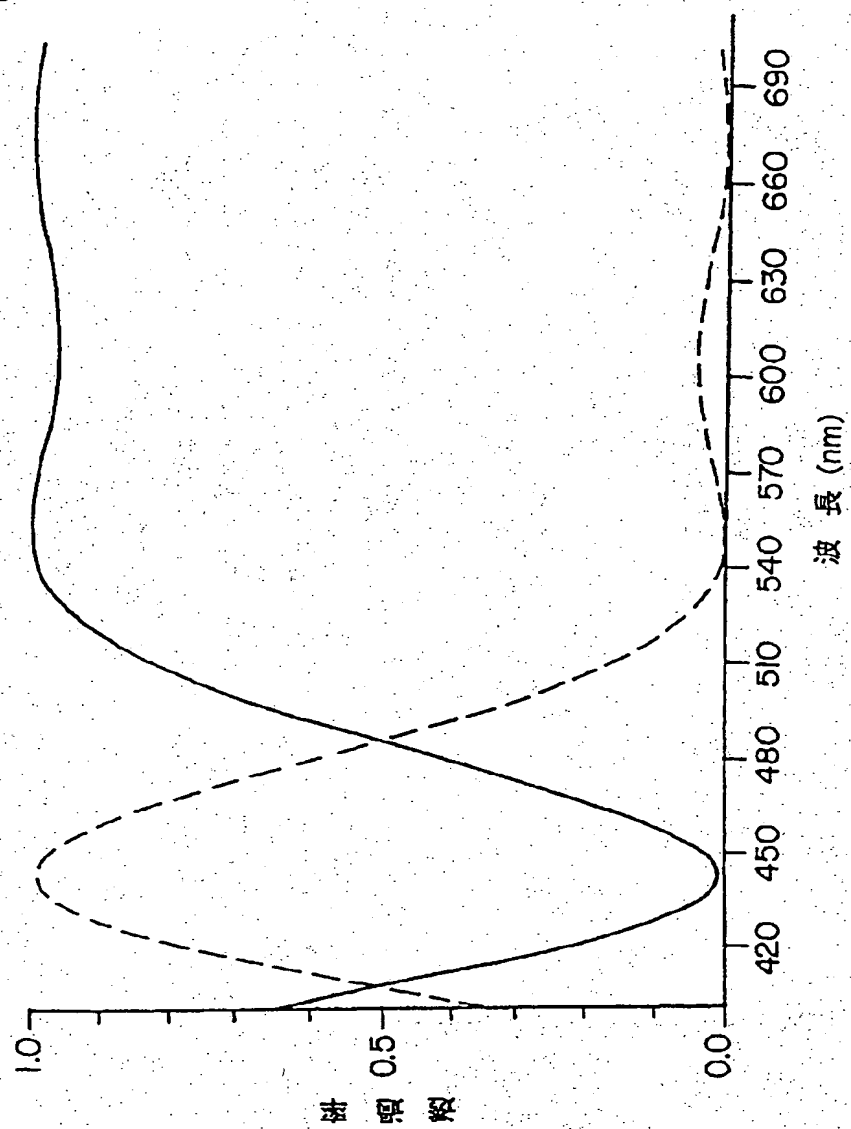


Fig.18

【図19】

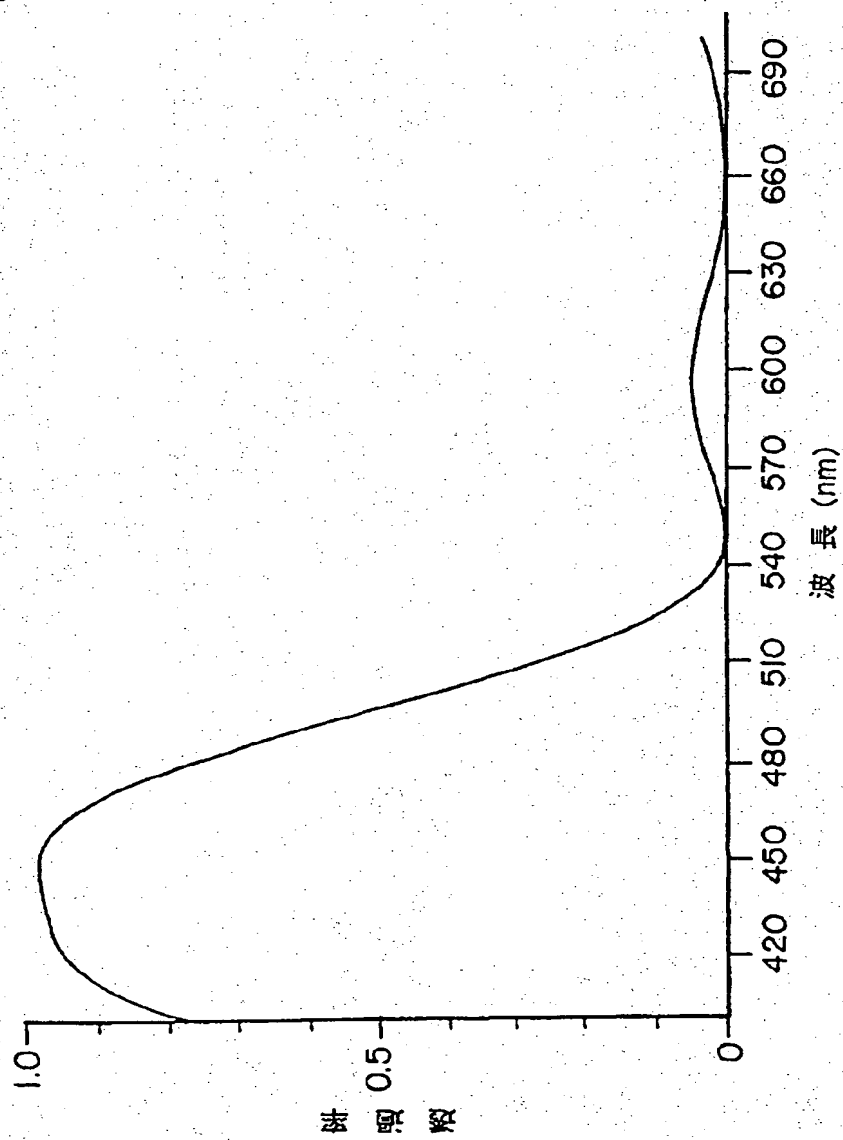


Fig. 19

【図20】

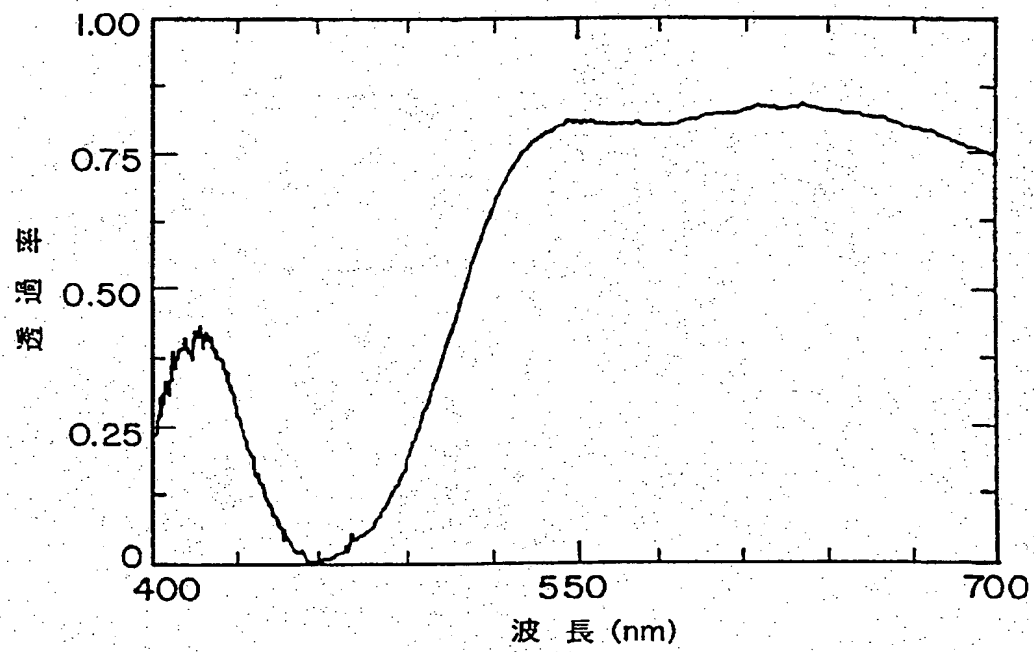


Fig.20

【図 21】

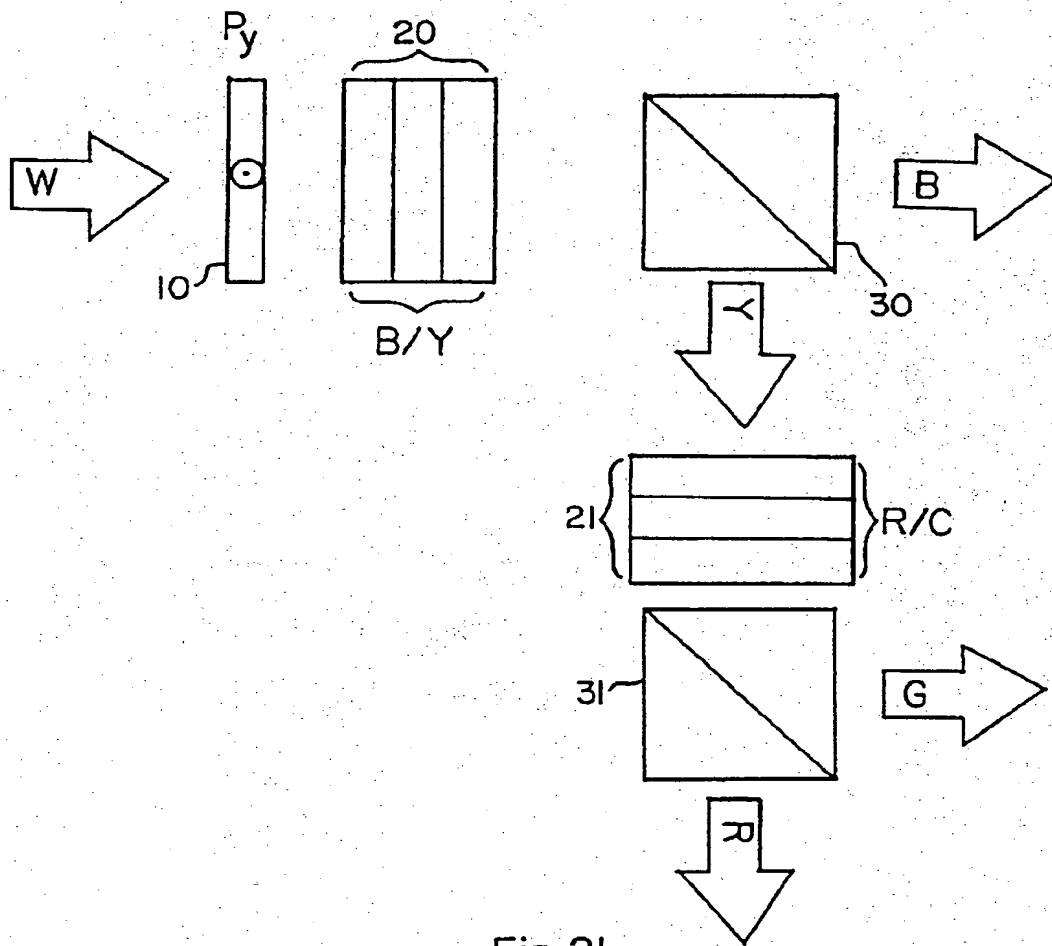


Fig. 21



【図 22】

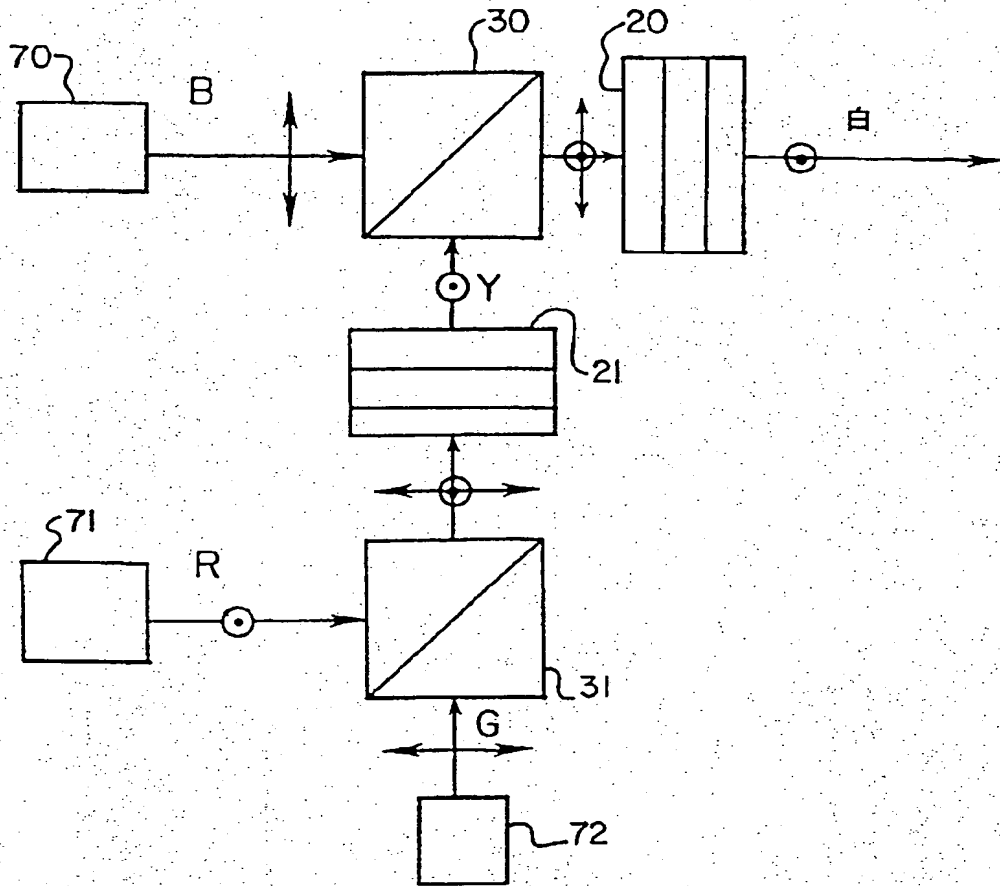


Fig. 22

【図 2 3】

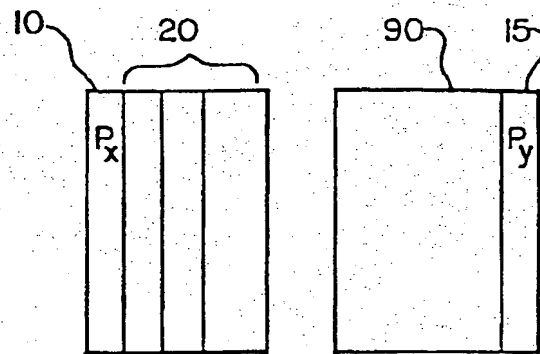


Fig. 23a

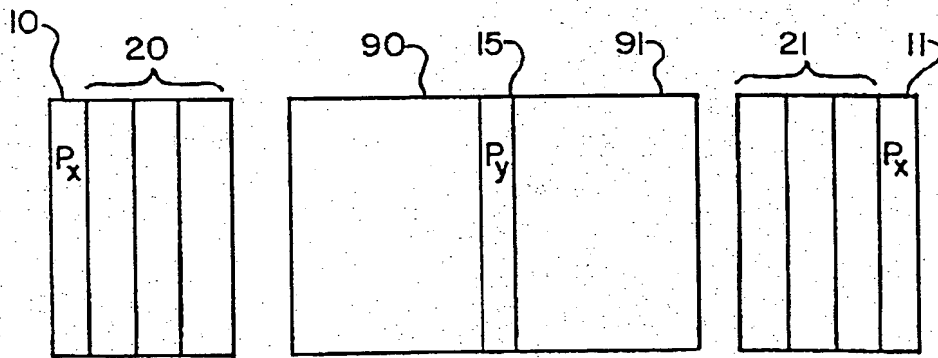
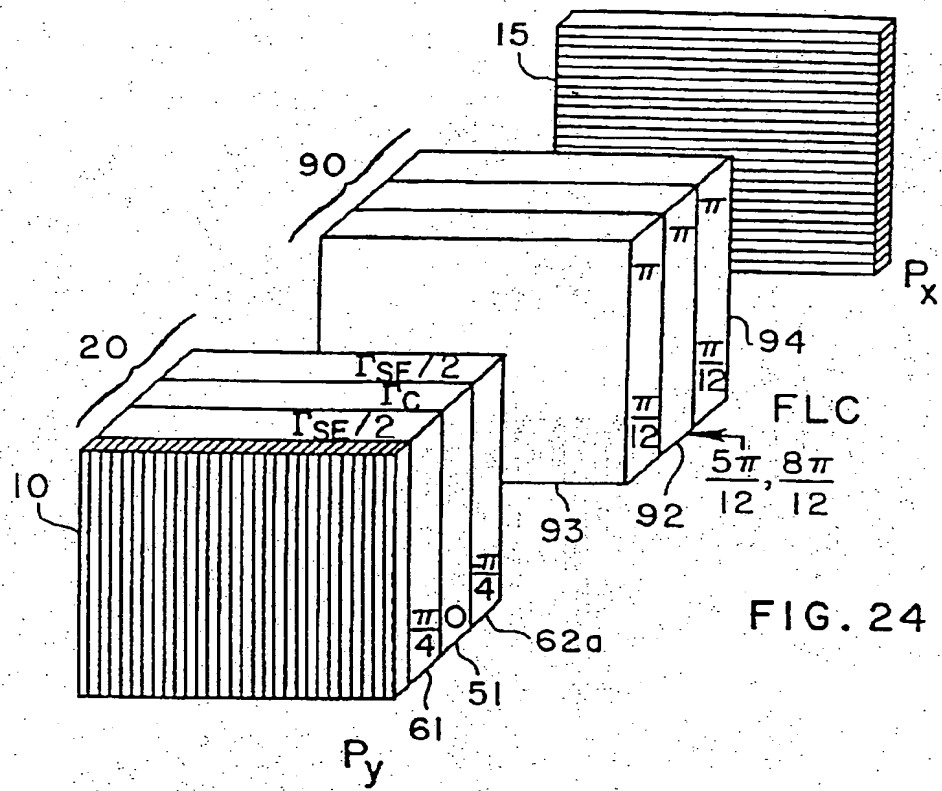


Fig. 23b

【図 24】







【図 27】

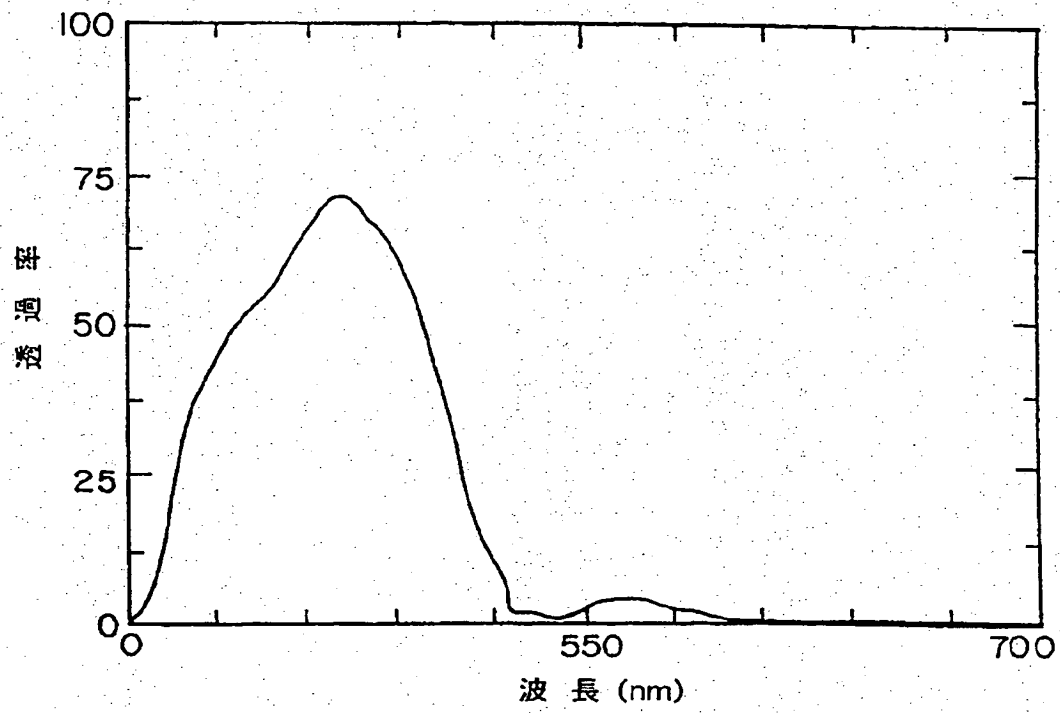


Fig.27a

【図 27】

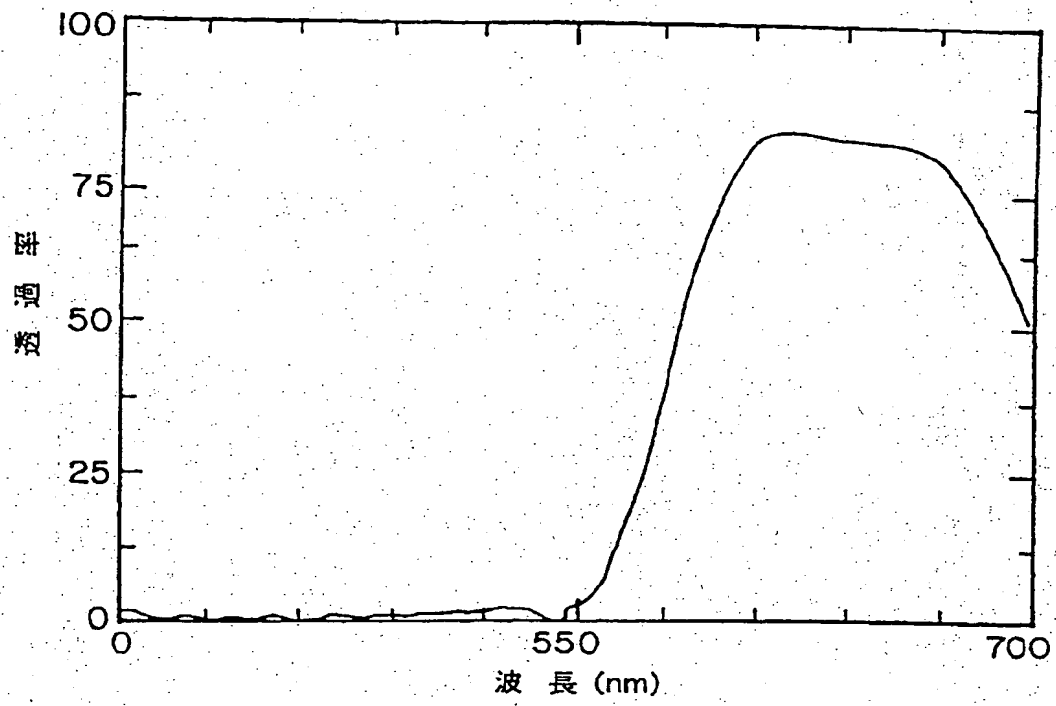


Fig.27b

【図 27】

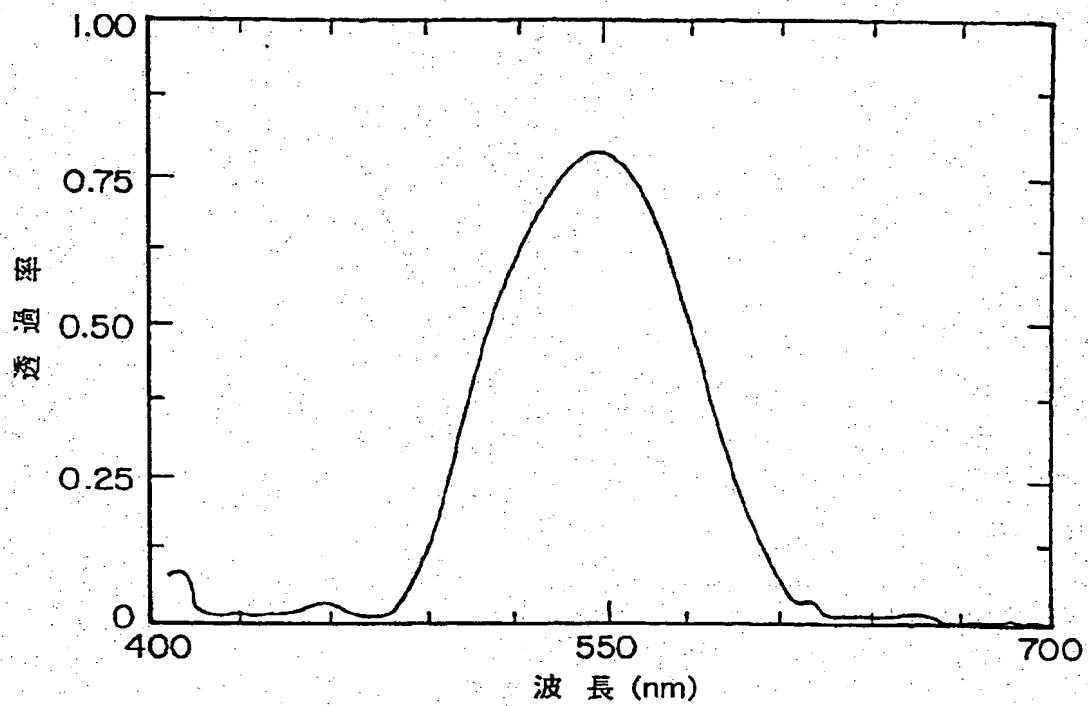


Fig.27c



【図 27】

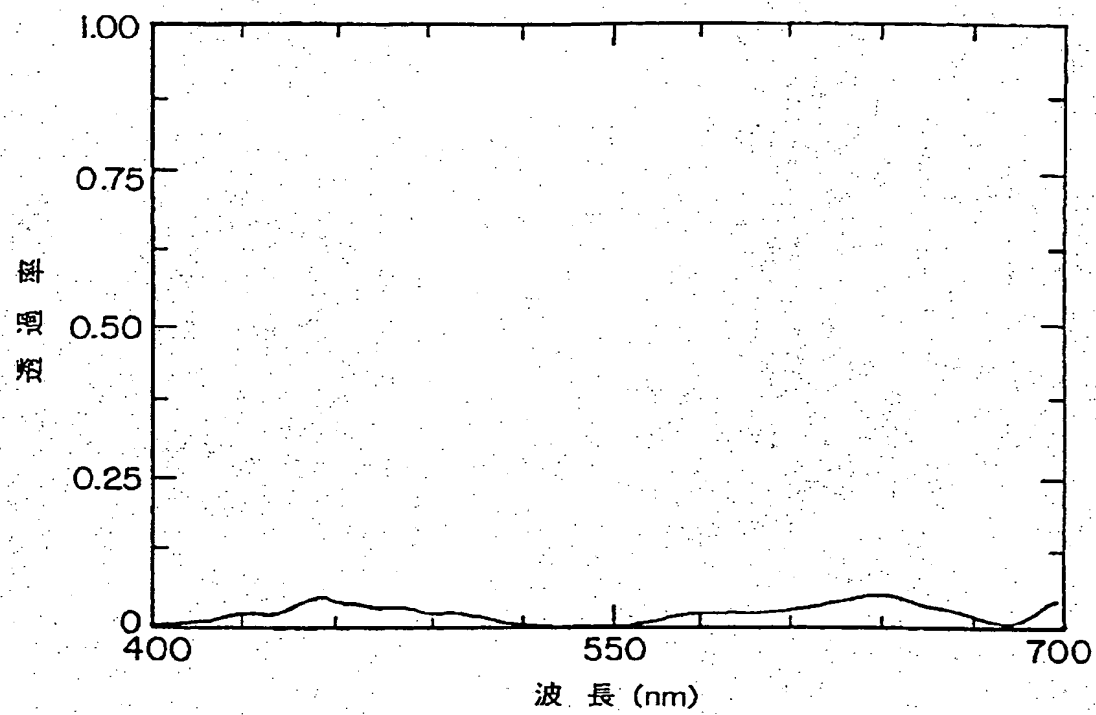


Fig.27d

【図 28】

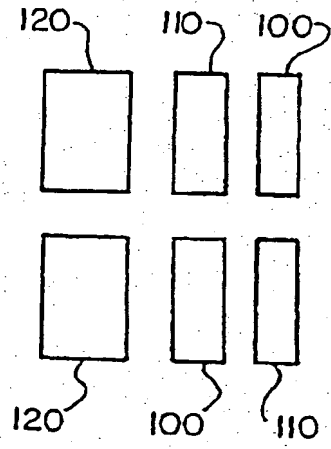


Fig. 28a

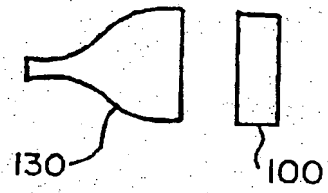


Fig. 28b

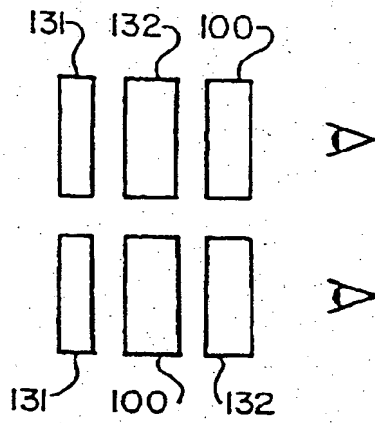


Fig. 28c

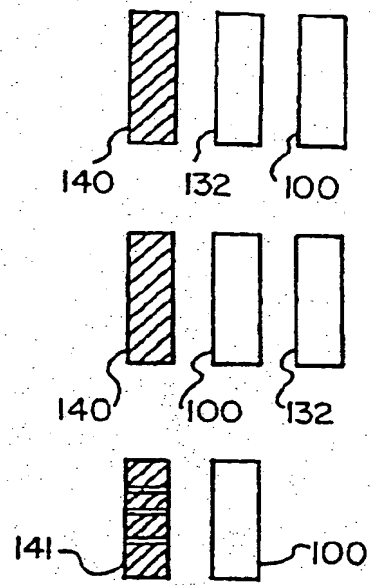


Fig. 28d

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US96/07527

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
IPC(6) : G02F 1/1335 US CL : 359/ 064, 063 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 359/ 064, 063		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched none		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) APS		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US, A, 2,493,200 (Land) 01 January 1950, figures 3 and 4.	1-72
A	US, A, 4,758,818 (Vatne) 19 July 1988.	
A	US, A, 5,347,378 (Handschy et al.) 13 September 1994.	
A	Journal of the Optical Society of America, Volume 55, No. 6, June 1965, I. Solc, "Birefringent Chain Filters", pages 621-625.	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *B* earlier document published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 01 OCTOBER 1996		Date of mailing of the international search report 16 OCT 1996
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer CHARLES MILLER Telephone No. (703) 305-6202

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**